

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA

**EL LENGUAJE DE LA ESTRUCTURA:  
MIES VAN DER ROHE Y LA CONSTRUCCIÓN CON ACERO Y HORMIGÓN**  
Tesis Doctoral

Alejandro Cervilla García, Arquitecto

2015

DEPARTAMENTO DE PROYECTOS ARQUITECTÓNICOS  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

**EL LENGUAJE DE LA ESTRUCTURA:  
MIES VAN DER ROHE Y LA CONSTRUCCIÓN CON ACERO Y HORMIGÓN**  
**Tesis Doctoral**

AUTOR:

Alejandro Cervilla García, Arquitecto

DIRECTORES:

Alberto Campo Baeza, Catedrático de Proyectos Arquitectónicos

Alberto Morell Sixto, Profesor Titular de Proyectos Arquitectónicos



Tribunal nombrado por el Mgfc. Y Excmo. Sr. Rector de la Universidad Politécnica de Madrid, el día \_\_\_\_\_

Presidente D. \_\_\_\_\_

Vocal D. \_\_\_\_\_

Vocal D. \_\_\_\_\_

Vocal D. \_\_\_\_\_

Secretario D. \_\_\_\_\_

Realizado el acto de defensa y lectura de Tesis el día  
en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid

Calificación: \_\_\_\_\_

EL PRESIDENTE

LOS VOCALES

EL SECRETARIO



*“Pero, ¿quién es tan ciego que vacile en atribuir al divino poder y disposición el orden racional de los movimientos de los cuerpos, tan fuera del alcance y posibilidad de la voluntad humana? A no ser que se atribuya a la casualidad la maravillosa y sutil estructura de los miembros de los más minúsculos animales”.*  
*(San Agustín, El Orden)*



## AGRADECIMIENTOS

Esta Tesis Doctoral es el resultado de más de diez años de trabajo. Desde el año 2004, hasta el 2015. Durante estos años he podido viajar a Roma, Atenas, París, El Cairo, Luxor, Abu Simbel, Florencia, Milán, Londres, Vicenza, Venecia, Agrigento-Sicilia, Praga, Amsterdam y Estambul, y he podido estudiar de cerca muchos de los edificios históricos que aquí se analizan. También he estado en Berlín, Barcelona, Stuttgart, Krefeld, Aachen, Brno, Nueva York y Chicago, lo que me ha permitido estudiar in situ la mayoría de los edificios construidos por Mies van der Rohe.

En este largo camino, me he encontrado con muchas personas a las que quiero dar las gracias. No es sólo una cuestión de reconocimiento, sino de justicia. Cervantes, en boca de don Quijote de la Mancha, nos dice que *“De gente bien nacida es agradecer los beneficios que reciben, y uno de los pecados que más a Dios ofende es la ingratitud”*. Y también: *“Escribe a tus señores y muéstrateles agradecido; que la ingratitud es hija de la soberbia y uno de los mayores pecados que se sabe, y la persona que es agradecida a los que bien le han hecho, da indicio que también lo será a Dios, que tantos bienes le hizo y de continuo le hace”*.

Pues líbreme Dios de ser ingrato. Y si de alguien me olvidare, ruego que me disculpe, que no es falta de gratitud, sino de memoria.

Quisiera comenzar por mis profesores de la infancia, que me inculcaron el conocimiento de la Historia y el respeto por ella. Si no conocemos la Historia, si no la respetamos, no podemos ser hombres del presente, ni tampoco del futuro. Y sin ese respeto por la Historia, no se podría entender esta Tesis Doctoral, que se apoya firmemente en la Historia de la Arquitectura; en el Partenón, el Panteón y la Alhambra, y en los arquitectos que nos han precedido, nos han enseñado, han construido la historia, y la han conservado para nosotros. A mi maestra de historia en el Colegio de Prácticas la Normal, Doña Dolores Aceituno, y a mi profesor de Historia en el Colegio Maristas de Granada, Hermano Paulino, GRACIAS.

Querría seguir por mis profesores de Arquitectura de la Escuela de Granada, que me enseñaron Estructuras, me inculcaron el amor por la Arquitectura y por su Historia, que me hablaron de Mies, y me enseñaron a aprender. Y en especial quiero acordarme de mi profesor de Estructuras de quinto curso, Amedo Benavent Climent, mi profesor de Historia de la Arquitectura, Juan Calatrava, y mi profesor de Proyectos de Tercer Curso, Luis Ibáñez. GRACIAS.

También están aquí mis profesores de Doctorado en la Escuela de Arquitectura de Madrid: Antón Capitel, cuyo curso sobre *Formas ilusorias en la Arquitectura Moderna*, y sus estudios sobre Mies, han sido una referencia clara de esta Tesis; Y Luis Antonio Gutiérrez Cabrero, Antonio Miranda y Juana Sánchez González. Félix Ruiz de la Puerta fue, además de profesor, mi Tutor en el Trabajo de Investigación que cerraba el ciclo de Estudios Avanzados previo a la redacción de la

Tesis. Y me enseñó una nueva manera de mirar la Arquitectura. Desde la Matemática y la Filosofía. GRACIAS.

Gracias también a todos los que me han ayudado en el fatigoso camino de la burocracia y me han facilitado el acceso a la documentación: A Blanca, la secretaria del Departamento de Proyectos, y a las secretarías de Subdirección de Doctorado; al personal de la Casa Farnsworth, la Casa Tugendhat, la Casa Lemke, la Galería Nacional de Berlín, la Weissenhofsiedlung de Stuttgart, las Casas de Krefeld, el IIT de Chicago, el Bauhaus Archiv de Berlín, el Pabellón de Barcelona, el Archivo del Patronato de la Alhambra, el Archivo del MoMA de Nueva York, a Franz Schulze y Werner Blaser y a todos los que han dedicado su tiempo a la investigación sobre Mies. Y gracias a todos los tribunales que tan generosamente me han juzgado. Al Tribunal del Diploma de Estudios Avanzados, formado por Antonio Miranda y Carmen Martínez Arroyo. Al tribunal que me aprobó el Título de la Tesis, formado por la Comisión de Doctorado del Departamento de Proyectos Arquitectónicos de la ETSAM. Y al Tribunal de Prelectura, formado por Antón Capitel, Juan Coll y Carmen Martínez Arroyo. GRACIAS.

Gracias al maestro, Mies van der Rohe. Que supo dar un paso más en la Arquitectura, y nos dejó un legado de obras maestras de las que tanto podemos aprender. Qué arquitecto no se ha emocionado, invadido por la sencilla calma del Pabellón de Barcelona o la monumentalidad serena de la Galería Nacional de Berlín. GRACIAS.

Gracias a mi buen amigo Gabriel por sus ánimos y sugerencias, y porque ha tenido la paciencia de leer por completo y corregir al detalle toda la ortografía de la tesis. GRACIAS

Gracias a mi buen amigo Álvaro. Por su lealtad, su amistad y su cariño, desde hace ya tantos años. Porque no necesita leer la Tesis, para animarme y decir que es la mejor Tesis del mundo, aunque no lo sea. GRACIAS.

Gracias a Andrés Rubio por sus lecciones diarias de Estructuras. Por todas las conversaciones que hemos tenido sobre Estructuras, y que tanto me han enseñado. Y por las estructuras tan hermosas que calcula y pone en pie para que permanezcan para siempre. En algunas de ellas he podido participar como colaborador de Alberto Campo Baeza. GRACIAS

Gracias a Ignacio Aguirre, a Nacho, por su ejemplo callado. Por su humilde y sabia enseñanza. Y por sus correcciones de la Tesis. Es un lujo poder colaborar mano a mano con él. GRACIAS.

Gracias a mis directores de Tesis. Alberto Campo Baeza y Alberto Morrell Sixto. Por sus constantes ánimos y empuje, por su guía, por sus correcciones, por sus consejos, por sacarme de mis errores, por allanarme el camino, y despejar todos los obstáculos que me he encontrado al hacer esta Tesis Doctoral; los informes anuales, las publicaciones,

todos los trámites burocráticos y certificados, los tribunales, etc. Los conocí en septiembre del año 2001, cuando recibí una beca de la Fundación Caja de Arquitectos para trabajar en Madrid, en el Estudio de Alberto Campo Baeza. Participaban en un concurso para el Museo Mercedes Benz en Stuttgart. Fue una experiencia inolvidable, que me cambió la vida para bien. Todavía conservo una fotografía de los dos arquitectos haciendo una maqueta de hormigón. Sin ellos, esta tesis no habría llegado a término. GRACIAS.

Y en especial, querría agradecer a Alberto Campo Baeza su generosidad en todos los años que llevo colaborando en su Estudio, desde el 2001. Alberto es un verdadero maestro, enseña con el ejemplo propio. Es de esos maestros de los que George Steiner dice que *“prenden fuego en las almas nacientes de sus alumnos”*. Y en todos estos años se ha portado conmigo como un padre bueno y generoso. GRACIAS.

Gracias también a mis hermanas, que me han acompañado durante todo este tiempo, me ayudaron en muchos de los viajes de estudio, y que me han apoyado pacientemente, para que yo pudiera dedicarme a terminar esta tesis. GRACIAS.

Y gracias a mi madre. A sus noches en vela. A su manera de hacer que uno no sea consciente de la tormenta que cae. A sus sacrificios para que pudiera ser arquitecto, y para que pudiera hacer la Tesis. A los valores que me ha transmitido, sin los que no sería la persona que soy. A su amor por la verdad que tan infatigablemente nos ha inculcado. Esta Tesis Doctoral es el resultado de esa búsqueda de la verdad. Porque la Verdad no se encuentra, se busca. A mi madre va dedicada esta Tesis. GRACIAS.



# ÍNDICE

<b>ABSTRACT .....</b>	<b>23</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>27</b>
I.1. LA ESTRUCTURA Y SU FORMA DE EXPRESARSE: EL LENGUAJE DE LA ESTRUCTURA .....	29
<b>II. DISPONER LOS PESOS EN EL AIRE.....</b>	<b>41</b>
II.1. ETIMOLOGÍAS .....	43
II.2. SUSTENTACIÓN Y PERMANENCIA .....	43
II.3. ORDEN, DISPOSICIÓN Y FORMA .....	45
II.4. LENGUAJE Y EXPRESIÓN .....	53
<b>III. LA EXPRESIÓN DE LA ESTRUCTURA EN ARQUITECTURAS DEL PASADO.....</b>	<b>59</b>
III.1. ESTRUCTURAS A LA VISTA: PARTENÓN + SAINTE CHAPELLE .....	63
III.1.1. La estructura de la Grecia Clásica: el Partenón .....	65
III.1.2. La estructura del Gótico: la Sainte Chapelle .....	81
III.1.3. Otros ejemplos: .....	87
Bolsa de Amsterdam	
First y Second Leiter Building, Chicago	
Almacenes Carson Pirie Scott	
Iglesia de la colonia Güell	
III.1.4. Características de la Estructura a la Vista .....	90
III.2. ESTRUCTURAS OCULTAS: PANTEÓN + CATEDRAL DE SAN PABLO .....	93
III.2.1. El vestido de la estructura del Panteón .....	95
III.2.2. La Estructura como ornamento: .....	102
Termas de Caracalla, Roma	
Arco de Marco Aurelio, Trípoli	
Biblioteca de Adriano, Atenas	
El Coliseo, Roma	
La Iglesia de San Lorenzo, Florencia	
Palacio Rucellai, Florencia	
Palacio de Carlos V, Granada	



III.2.3. Otros ejemplos .....	114
Catedral de San Pablo, Londres	
Pantheon de París	
Columnata del Louvre, París	
Biblioteca de Sainte Genevieve, París	
Estación de Francia, Barcelona	
III.2.4. Características de la Estructura Oculta .....	120
III.3. ESTRUCTURAS ILUSORIAS: ALHAMBRA + SANTA SOFÍA .....	123
III.3.1. La cúpula evanescente de Dos Hermanas .....	125
III.3.2. El muro difuso de la Fachada de Comares .....	130
III.3.3. La falsa columna y el reducido intercolumnio del Patio de los Leones .....	135
III.3.4. La suspensión en el aire y la desmaterialización de la estructura .....	143
La columna flotante de San Juan de Samarcanda	
Cúpula de Santa Sofía, Estambul	
Cúpula de la Capilla Pazzi, Florencia	
Cúpula de la Iglesia de San Lorenzo, Florencia	
Patio de los Arrayanes, Alhambra, Granada	
Palazzo del Te, Mantua	
Baldaquino de San Pedro del Vaticano, Roma	
Dintel de la Sala Ducal, Vaticano, Roma	
Fuente de los Cuatro Ríos, Roma	
Galería del Palazzo Spada, Roma	
Cúpula de la Iglesia de San Carlo alle Quattro Fontane, Roma	
Bóveda de la Iglesia del Gesú, Roma	
Bóveda de la Iglesia de San Ignacio, Roma	
Cúpula de la Casa-Museo de John Soane, Londres	
Palacio de Congresos de Salamanca	
Columna del Hotel Tassel, Bruselas	
Tribuna Lenin	
Restaurante sobre una pendiente rocosa	
Capilla del Bosque, Estocolmo	
III.3.5. Características de la Estructura Ilusoria .....	154



<b>IV.</b>	<b>LO VISTO, LO OCULTO Y LO ILUSORIO EN LAS ESTRUCTURAS DE MIES VAN DER ROHE.....</b>	<b>159</b>
IV.1.	LA EXTERIORIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CASA. DE LA ESTRUCTURA OCULTA A LA JAULA DE ACERO .....	163
IV.1.1.	Estructura oculta: Caja clásica con estructura de muros de carga .....	165
	1907. Casa Riehl, Potsdam.	
	1910-1911. Casa Perls, Zehlendorf, Berlín.	
	1912-1913. Casa Werner. Berlín	
	1913. Casa Warnholtz. Heerstrasse, Berlín. Proyecto	
	1914-1917. Casa Urbig. Potsdam	
	1919. Casa Kempner	
	1921-1922. Casa Feldmann. Berlín	
	1922. Casa Eichstaedt. Berlín.	
	1924-1926. Casa Mosler. Potsdam	
IV.1.2.	La desocultación del acero: Caja descompuesta con estructura mixta .....	169
	1912. Casa Kröller-Müller. Wassenaar, Holanda. Proyecto	
	1914. Casa para el arquitecto. Werder, Alemania. Proyecto	
	1921. Casa Petermann. Potsdam-Neubabelsberg. 1921. Proyecto	
	1923. Casa de campo de hormigón armado. Proyecto	
	1923. Casa Lessing. Potsdam-Neubabelsberg. Proyecto	
	1923-1924. Casa de campo de ladrillo. Proyecto	
	1925. Casa Dexel. Jena. Proyecto	
	1925. Casa Eliat. Nedlitz. Proyecto	
	1925-1927. Casa Wolf. Guben. Destruída	
	1926. Monumento a Karl Liebknecht y Rosa Luxemburgo.	
	1927-1930. Casa Esters. Krefeld	
	1927-1930. Casa Lange. Krefeld	
	1928. Ampliación Fuchs. Casa Perls. Berlín.	
	1932-1933. Casa Lemke. Berlín	
IV.1.3.	Estructura vista. Casa con estructura de acero De la columna retranqueada a la columna adelantada .....	181
IV.1.3a	Mesa de acero con columnas retranqueadas .....	182
	1928-1930. Casa Tugendhat. Brno	
	1929. Casa Emil Nolde. Berlín. Proyecto	
	1931. Casa modelo. Exposición de la Construcción. Berlín	
	1931. Casas Patio: Casa patio en hilera.	
	1932. Casa Gericke. Berlin	
	1934. Casa con tres patios	
	1934. Casa con patio y garage	
	1934. Casa en la Montaña para el Arquitecto. Tirol	
	1935. Casa Hubbe. Magdeburgo	
	1935. Casa Ulrich Lange. Krefeld	
	1938. Grupo de casas patio	



IV.1.3b	Estantería de acero con columnas retranqueadas .....	195
	1934. Casa de vidrio en una colina. Proyecto	
	1934. Casa en una terraza. Proyecto	
	1937-1938. Casa Resor. Jackson Hole. Wyoming. Proyecto	
IV.1.3c	Mesa/Estantería con columnas adelantadas y espacio diáfano .....	196
	1946-1947. Casa Cantor. Indianapolis. Proyecto	
	1950. Casa Caine. Winnetka. Illinois. Proyecto	
	1946-1951. Casa Farnsworth. Plano-Illinois	
	1950-1951. Casa 50'x50'. Proyecto	
IV.1.3d	Jaula de acero y espacio diáfano .....	211
	1950-1951. Steel frame prefabricated row houses	
	1951-1952. Casa McCormick. Elmhurst, Illinois	
	1951-1953. Casa Morris Greenwald. Weston. Connecticut	
	1955. Casa Herbert Greenwald, Lake Forest, Illinois. Proyecto	
	1955-1963. Viviendas de Lafayette Park, Detroit	
IV.2.	ESTRUCTURA VISTA Y OCULTA EN EL BLOQUE Y EN LA TORRE	
	Rascacielos de Cristal vs. Edificio de Oficinas de Hormigón Armado .....	217
IV.2.1.	Estructura Vista. Fachada reverberante .....	222
	1925-1927. Edificio de Apartamentos. Weissenhof Siedlung. Stuttgart	
	1931-1935. Fábrica para la industria de la seda. Krefeld	
	1937. Edificio de Administración. Industria de la Seda. Krefeld. Proy.	
IV.2.2.	Estructura Vista inexpresiva .....	227
	1944-1946. Engineering Research Building. IIT. Chicago	
	1947-1950. Instituto de Tecnología del Gas. IIT. Chicago	
	1950-1952. Mechanical Engineering Research Building 1, IIT RI	
	1953-1956. Almacén para el Instituto de Tecnología del Gas. IIT	
	1945-1950. Central de Calderas. IIT	
	1952-1953. Commons Building. IIT	
	1949-1952. Capilla. IIT. Chicago	
IV.2.3.	Estructura Vista expresiva .....	233
	1946-1949. Promontory Apartments. Chicago	
	1948-1951. Algonquin Apartments. Chicago	
	1951-1953. Carman Hall. Apartamentos para alumnos IIT.	
	1951-1953. Apartamentos Riverside. Trenton. New Jersey. Proyecto	
	1952-1955. Cunningham Hall y Bailey Hall. Apartamentos IIT	
	1957-1959. Quadrangles Apartments. Brooklyn. Project. Torre tipo 1	
	1962-1965. Highfield House Apartment Building. Baltimore	
	1942-1943. Metals Research Building. Campus IIT	
	1944. Library and Administration Building. IIT. Chicago. Proyecto	
	1956-1958. Ampliación del Metals Research Building. Campus IIT	
IV.2.4.	Estructura Oculta. Vestido horizontal .....	245
	1928. Almacenes Adam. Berlín. Proyecto	
	1928. Edificio para un Banco. Stuttgart. Proyecto	
	1928. Remodelación de la Alexanderplatz. Berlín. Proyecto	
	1928-1929. Edificio de oficinas II. Friedrichstrasse. Berlín. Proyecto	
	1933. Reichsbank. Berlín. Proyecto	



IV.2.5. Estructura Oculta. Vestido reticular .....	250
1945-1946. Alumni Memorial Hall. IIT. Chicago	
1945-1946. Metallurgical and Chemical Eng. B. (Perlstein Hall). IIT	
1945-1946. Chemistry Building (Whisnick Hall). IIT. Chicago	
1948. Sede de la Unión de Estudiantes. IIT. Chicago. Proyecto	
1948-1950. Edificio de Administración de la AAR. IIT	
1948-1953. Mechanical Engineering B. AAR. IIT.	
1954-1957. Siegel Hall. IIT	
1955-1957. AAR Laboratorio. IIT	
IV.2.6. Estructura Oculta. Vestido vertical .....	258
IV.2.6a Subestructura de maineles verticales .....	259
1948-1951. 860-880 Lake Shore Drive Apartments. Chicago	
1952-1953. Apartamentos Berke. Indianapolis. Proyecto	
1957-1958. Battery Park Apartment Development. New York. Sol. 2	
IV.2.6b Muro cortina con maineles verticales.....	268
1953. Apartamentos en 1300 de Lake Shore Drive. Chicago. Proyecto	
1953-1956. Apartamentos en 900 Esplanade. Chicago	
1953-1956. Commonwealth Promenade Apartments. Chicago	
1954-1958. Seagram Building. New York	
1955-1963. Torres de apartamentos de Lafayette Park, Detroit	
1957-1959. Quadrangles Apartments. Brooklyn. Project. Torre tipo 2	
1957-1958. Battery Park Apartment Development. New York. Sol. 1	
1957-1959. Seagram Office Building. Chicago. Project	
1958. Marina Site Apartments. San Francisco. Proyecto	
1958. Rimpau Site. Los Angeles. Proyecto	
1958-1960. Pavilion Apt. and Colonnade Apt. Colonnade Park. Newark	
1959. Brookfarm Apartments. Brookline. Massachusetts. Proyecto	
1959-1964. Torres del Federal Center. Chicago	
1960-1963. One Charles Center. Baltimore	
1960-1963. 2400 Lakeview Apartments. Chicago	
1963-1969. Toronto Dominion Center	
1964-1966. Foster city apartments	
1964-1968. Westmount square	
1966-1969. Torre IBM	
1967. Torre de Londres	
1967-1969. East wacker drive	
IV.2.6c Maineles verticales en edificios horizontales .....	276
Solución 1	
1957-1961. Bacardi Office Building. Ciudad de México.	
1960-1963. Edificio Administración Friedrich Krupp. Essen. Proyecto	
Solución 2	
1960-1963. Caja de Ahorros. Des Moines. Iowa	
1957-1962. Consulado Estados Unidos. Sao Paulo, Brasil. Project	
1962-1965. Meredith Memorial Hall. Drake University. Des Moines	
1962-1965. Administración y Servicios Sociales. University of Chicago	
1962-1968. Centro de Ciencias. Duquesne University. Pittsburgh	
1965-1972. Biblioteca Martin Luther King. Washington	
IV.2.7. La columna decorativa de la Roma Clásica en la obra de Mies .....	280



IV.3.	LA ESTRUCTURA ILUSORIA DEL PABELLÓN .....	283
IV.3.1.	Mesa con tablero suspendido y columnas retranqueadas .....	285
	1928-29. Pabellón de Alemania. Barcelona	
	1928-1930. Casa Tugendhat. Brno	
	1930. Cub de Golf. Krefeld. Proyecto	
	1934. Pabellón de Alemania. Exposición Mundial de Bruselas. Proy.	
	1942. Museo para una pequeña ciudad	
IV.3.2.	Caja con dos caras. Estructura monumental por fuera y oculta por dentro ...	294
	1942. Teatro del Museo para una ciudad pequeña. Proyecto	
	1942. Concert Hall	
	1945-1946. Restaurante Cantor Drive-In. Indianapolis. Proyecto	
	1946-1951. Casa Farnsworth. Plano-Illinois	
	1950-1956. Crown Hall. IIT	
	1952-1953. Teatro Nacional de Mannheim	
	1954-1958. Cullinan Hall. Museo de Bellas Artes. Houston	
IV.3.3.	Mesa monumental con tablero suspendido y esquinas liberadas .....	305
	1950-1951. Casa 50'x50'. Proyecto	
	1953-1954. Convention Hall. Chicago. Proyecto	
	1957. Bacardi Office Building. Santiago, Cuba. Project	
	1960-1963. Museo Schaefer. Schweinfurt. Proyecto	
	1962-1969. Galería Nacional de Berlín	
	Esquina libre vs esquina con columna	
	1959-1964. Oficina de Correos del Federal Center. Chicago	
	1963-1969. Pabellón del Toronto Dominion Center	
	Galería Nacional de Berlín vs Edificio Bacardi Bermudas	
	Galería Nacional de Berlín vs Club Náutico de Sao Paulo	
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIÓN .....</b>	<b>323</b>
V.1.	LOS TRES MECANISMOS ESTRUCTURALES DE MIES .....	325
V.2.	EPÍLOGO: LA COLUMNA ADECUADA .....	341
	CITAS .....	357
	BIBLIOGRAFÍA .....	375



## ABSTRACT

### EL LENGUAJE DE LA ESTRUCTURA

### MIES VAN DER ROHE Y LA CONSTRUCCIÓN CON ACERO Y HORMIGÓN.

John Summerson, en *El Lenguaje Clásico de la Arquitectura*, defiende que los órdenes clásicos que empleaban los arquitectos romanos para decorar sus edificios, no tienen una función estructural pero hacen expresivos a los edificios. Les hacen hablar. Arthur Schopenhauer afirma que “*el destino de la Bella Arquitectura es poner de manifiesto la lucha entre el peso y la rigidez de los elementos estructurales*”. Y Auguste Perret define la Arquitectura como “*el arte de hacer cantar al punto de apoyo*”.

El objetivo de esta Tesis Doctoral es profundizar en la capacidad de expresión de la estructura. A través del estudio de las estructuras históricas, que se realiza en la primera parte de la Tesis, podemos concluir que existen tres categorías, tres maneras de expresión de la Estructura. Estructuras Vistas, que hablan, Estructuras Ocultas, que se esconden y Estructuras Ilusorias, que fingen. El Partenón y la Sainte Chapelle de París se estudian en el apartado de Estructuras Vistas. El Panteón, el Palacio de Carlos V, la Catedral de San Pablo en Londres, y otras arquitecturas renacentistas y romanas, en el apartado de Estructuras Ocultas. Y como Estructuras Ilusorias, la Alhambra (Dos Hermanas, Comares, el Patio de los Leones), Santa Sofía, y otras arquitecturas del barroco italiano.

En la segunda parte de la Tesis se analiza la obra completa de Mies van der Rohe desde el punto de vista de esas tres categorías. Lo visto, lo oculto y lo ilusorio en las estructuras de Mies. Se estudia la evolución en la estructura de la casa, desde las primeras casas con Estructura Oculta de muro de ladrillo, hasta las últimas casas con Estructura Vista y columnas adelantadas, pasando por una etapa intermedia de casas con estructura mixta de muro de ladrillo en la que el acero comienza a hacer su aparición. Se analizan también seis soluciones estructurales en los Bloques y en las Torres: Estructura Vista reverberante, expresiva o inexpressiva vs Estructura Oculta con vestido horizontal, vestido reticular o vestido vertical. Y por último, se estudian las tres soluciones de Estructura Ilusoria que emplea Mies en sus Pabellones.

La metodología de trabajo que se ha empleado se divide en cuatro apartados: El análisis bibliográfico; el análisis in situ de los edificios, que nos permite comprobar, por ejemplo, los efectos lumínicos de la columna acanalada del Partenón, o el efecto reverberante de las columnas de la Weissenhofsiedlung; el análisis crítico de planos y detalles constructivos, que nos lleva a concluir que la disposición de pantallas del Pabellón de Barcelona anula la lectura de la crujía estructural, y que la columna del restaurante Cantor se dispone con su alma perpendicular a la cercha, y no paralela, como cabría suponer si se quisiera aprovechar toda la capacidad portante del perfil en H; y por último, el análisis numérico y estructural, que nos lleva a confirmar el sobredimensionado de la Estructura del Patio de los Leones de la Alhambra o el sobredimensionado de la Estructura de la Casa Farnsworth.

Lo que se confirma con esta Tesis Doctoral es que la Estructura es algo más, mucho más, que sólo transmisión de las cargas.



## ABSTRACT (English)

### THE LANGUAGE OF STRUCTURE

#### MIES VAN DER ROHE AND BUILDING WITH STEEL AND CONCRETE.

John Summerson, in *The Classic Language of Architecture*, argues that the classic orders used by Roman architects in the decoration of their buildings did not have a structural function, but made buildings expressive. They make them speak. Arthur Schopenhauer affirms that “*the goal of Great Architecture is to highlight the struggle between the gravity and rigidity of structural elements*”. And Auguste Perret defines Architecture as “*the art of making the points of support sing*”. The objective of this Doctoral Thesis is to examine the expressive capacity of structure.

Following a study of historic structures in the first part of the thesis, we conclude that three categories exist, three ways of expressing Structure. Visible Structures that speak, Concealed Structures that are hidden and Illusory Structures that pretend. The Parthenon and the Sainte Chapelle in Paris are studied in the section on Visible Structures. The Pantheon, the Palace of Charles V, Saint Paul's Cathedral in London, and other Renaissance and Roman architectures are dealt with in the Concealed Structures section. And, as examples of Illusory Structures, we focus on the Alhambra (The Hall of the Two Sisters, the Comares and the Court of the Lions), Saint Sophia, and other Italian Baroque architectures.

In the second part of the Thesis the complete work of Mies van der Rohe is analysed from the perspective of these three categories. The visible, the concealed and the illusory, in the structures of Mies. We study how the structure of the house evolves, from the first houses with the Hidden Structure of the brick wall, to the later houses with Visible Structures and columns, via an intermediate phase of mixed-structure houses with brick walls, where steel first began to make its appearance. We also analyse six structural solutions in the Blocks and Towers: reverberant, expressive or inexpressive Visible Structure vs Concealed Structure with horizontal cladding, reticular cladding or vertical cladding. And finally, we look at the three Illusory Structure solutions that Mies employs in his Pavilions.

The methodology employed is divided into four sections: a bibliographic analysis; an analysis in situ of the buildings, which allows us to test, for example, the lighting effects of the fluted column in the Parthenon, or the reverberant effect of the Weissenhofsiedlung columns; a critical analysis of plans and constructive details, which leads us to conclude that the arrangement of panels in the Barcelona Pavilion cancels out the structural centreline, and that the column in the Cantor restaurant is placed with its web perpendicular to the truss, and not parallel to it, as one might expect if one wanted to avail of all the load-bearing capacity of the H beam; and lastly, a numeric and structural analysis, which confirms the oversizing of the Court of the Lions structure in the Alhambra or the oversized structure of Farnsworth House.

All of which confirms in this Doctoral Thesis that structure is something more, much more, than a mere conveyor of loads.



## I. INTRODUCCIÓN



## I.1. LA ESTRUCTURA Y SU FORMA DE EXPRESARSE: EL LENGUAJE DE LA ESTRUCTURA

En el año 2012, en el Museo Reina Sofía de Madrid, se celebraba una exposición del artista germano americano Hans Haacke; *Castillos en el Aire*. El artista mostraba varias imágenes de edificios sin terminar, bloques que habían quedado con su esqueleto a la vista, y otras estructuras de hormigón armado bastante convencionales. La exposición era una crítica a la sociedad contemporánea y a sus excesos. Pero más allá de esa crítica, cuando mirábamos esas estructuras, no podíamos dejar de admirar su hermosura. Son como esculturas. Como esqueletos perfectos y limpios, mucho más hermosos de lo que seguramente serían si se hubieran terminado de construir (figuras I-01 y I-02).



FIGURA I-01  
Castillos en el aire.  
Hans Haacke. Fotografía de  
la exposición celebrada en el  
MNCARS, Madrid, 2012



FIGURA I-02  
Castillos en el aire.  
Hans Haacke. Fotografía de  
la exposición celebrada en el  
MNCARS, Madrid, 2012

Otra exposición de Catherine Opie en el Guggenheim de Nueva York, a la que acudí en el año 2008, nos muestra la belleza de unos anónimos cruces de autopistas americanas donde nuevamente la estructura es la protagonista del espacio (figuras I-03 a I-06).

FIGURA I-03

Catherine Opie. Fotografía de la exposición celebrada en el Guggenheim de Nueva York, 2008



FIGURA I-04

Catherine Opie. Fotografía de la exposición celebrada en el Guggenheim de Nueva York en 2008



FIGURA I-05

Catherine Opie. Fotografía de la exposición celebrada en el Guggenheim de Nueva York en 2008



FIGURA I-06

Catherine Opie. Fotografía de la exposición celebrada en el Guggenheim de Nueva York en 2008



Las dos exposiciones se acercan a una idea común, un invariable de la Arquitectura; la belleza de las estructuras desnudas, que de alguna manera es el tema central de nuestro trabajo:

*“En general, en la actualidad, las impresiones arquitectónicas más fuertes se experimentan en obras a medio construir. Una obra sin puertas ni ventanas, sin revocar, con los ladrillos a la vista, con la clara aspiración de verticalidad aún sin interrumpir por la ornamentación del yeso, con las proporciones monumentales de los volúmenes aún sin detallar, provoca, por su primitivismo, un efecto de belleza, o como mínimo, de fuerza”.*<sup>1</sup> (Karl Scheffler)

1. SCHEFFLER, Karl. *Moderne Baukunst*. Bard, Berlín, 1907

*“El esqueleto, allí donde se encuentra aún sin revestir, muestra de manera más clara y majestuosa la audacia de las estructuras de acero y hormigón armado que no la obra terminada”.*<sup>2</sup> (Erich Mendelsohn)

*“Un edificio es como el cuerpo humano, como la mano. El modo en que se unen los nudillos y las articulaciones hacen interesante y hermosa cada mano”.*<sup>3</sup> (Louis Kahn)

Y es que la Estructura por sí sola, sin añadiduras, es especialmente hermosa. No hay más que echar un vistazo a las estructuras que encontramos en la naturaleza; los árboles y las estructuras de los seres vivos; o a las racionales estructuras de los ingenieros: los puentes, las torres de electricidad, las catenarias, las torres de telecomunicaciones, las estructuras de riego, los acueductos, las naves industriales, los invernaderos, los depósitos de agua, las herramientas y las chimeneas de las centrales eléctricas (figuras I-07 a I-16).

Podríamos también hablar aquí del esqueleto humano, la estructura perfecta. Tan perfecta que se repite puntualmente.

Y también podríamos hablar de las ruinas. De cómo la belleza de la ruina es siempre la belleza de una estructura que ha sido capaz de permanecer en el tiempo y de evocarnos la historia, el tiempo allí transcurrido.

2. MENDELSON, Erich. *América, el álbum fotográfico de un arquitecto*. Nachdruck da Capo Press, Berlín, 1926.

3. BROWNLEE / DE LONG, D. *Louis Kahn: en el reino de la arquitectura*. Ed. Gustavo Gili, Barcelona, 1998



FIGURA I-07  
Estructura vegetal  
Dibujo del autor

FIGURA I-08  
Estructura vegetal  
Dibujo del autor

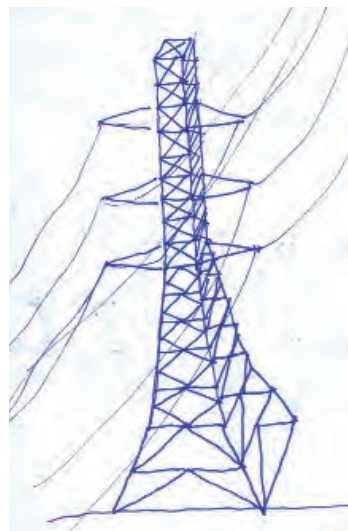


FIGURA I-09  
Torre de electricidad  
Dibujo del autor

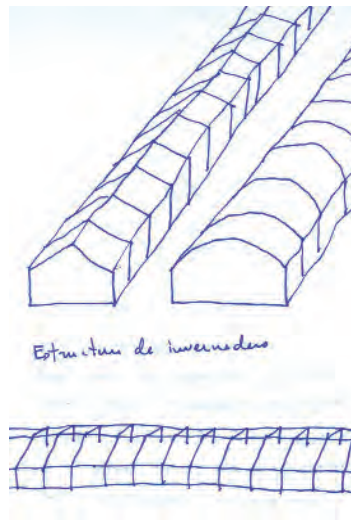


FIGURA I-10  
Estructuras de invernaderos  
Dibujo del autor

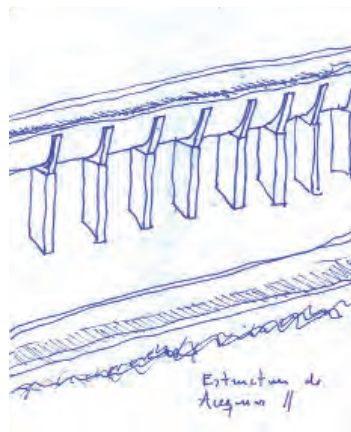


FIGURA I-11  
Estructuras de acequias  
Dibujo del autor



FIGURA I-12  
Torre de telecomunicaciones  
Dibujo del autor

FIGURA I-13  
Estructura de cubierta industrial.  
Dibujo del autor

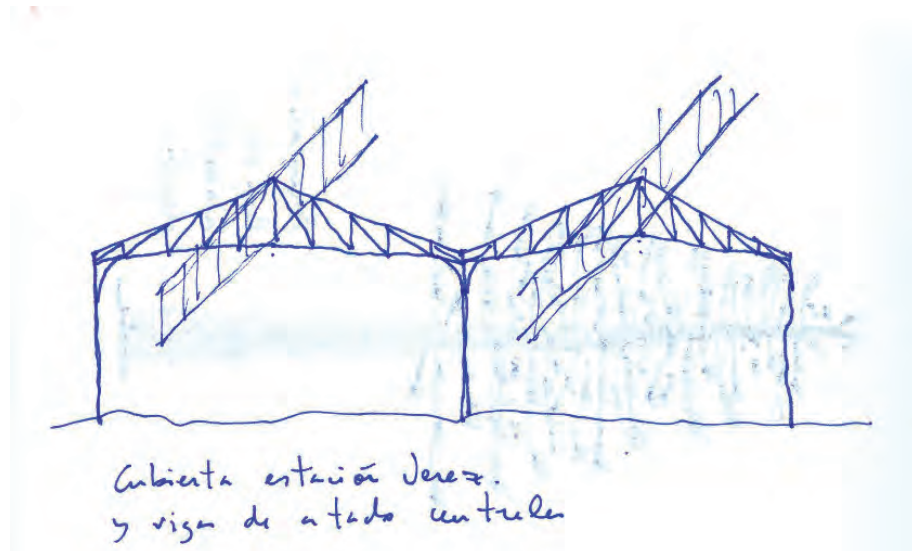


FIGURA I-14  
Estructura de riego.  
Dibujo del autor



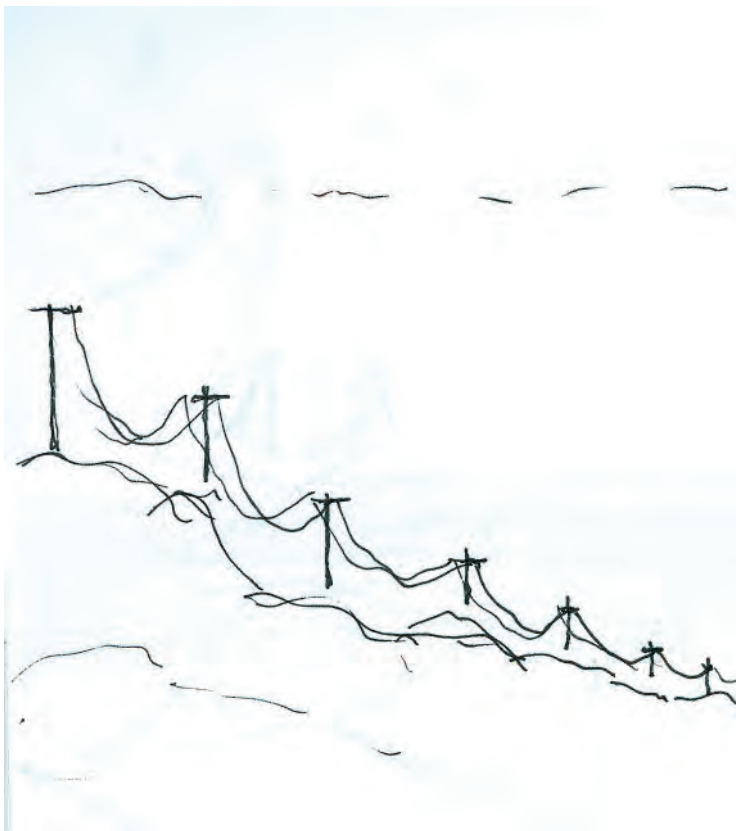


FIGURA I-15  
Catenarias  
Dibujo del autor



FIGURA I-16  
Depósitos, chimeneas y herra-  
mientas. Dibujo del autor

Estas estructuras se adecúan a un fin muy claro. Son muy radicales. Son ajenas a las cargas muertas a las que se tiene que enfrentar la arquitectura: cerramientos, particiones, carpinterías, solados, techos, aislamientos, impermeabilizaciones. No tienen que configurar un espacio habitable para el hombre. Son estructuras “sólo estructura”. Y por eso están tan cerca de esa belleza, tan real como difícil de explicar con palabras.

La estructura es muy hermosa, pero esa hermosura va más allá de lo que pertenece a la lógica o a la razón. La forma de la columna es algo que pertenece a la lógica de la estructura, a la mecánica estructural. Pero el hecho de que los arquitectos de la Grecia clásica decidieran colocar una hilera de columnas alrededor de sus templos, y que los peristilos se convirtieran en la imagen de su Arquitectura, es algo que no pertenece a la lógica de la estructura, sino al Arte de la Estructura. Y si los griegos hicieron esto, fue en busca de la Belleza. Trascendieron la estructura y la elevaron a la categoría de Arte. Pusieron la estructura a la vista.

Arthur Schopenhauer nos habla de la capacidad expresiva de la Estructura. En sus *Lecciones sobre Metafísica de lo Bello*, nos dice que *“el tema propiamente estético de la bella arquitectura es la lucha entre el peso y la rigidez (der Kampf zwischen Schwere und Starkheit). De hecho, éste es el único tema estético que la caracteriza exclusivamente, puesto que, en cualquiera de sus manifestaciones, su misión es precisamente poner de manifiesto con toda claridad y de múltiples maneras la lucha mencionada”*.<sup>4</sup>

4. SCHOPENHAUER, Arthur. *Lecciones sobre metafísica de lo bello: Sobre la Arquitectura y el arte de canalizar las aguas*. Colección Estética y Crítica, Universidad de Valencia, 2004. Primera edición, 1820. Traductor: Manuel Pérez Cornejo

Es decir, que la Estructura distingue a la Arquitectura del resto de las Artes, y que poner de manifiesto la Estructura, según Schopenhauer, es la misión principal de toda Arquitectura que quiera aspirar a la Belleza. Aquí nos está hablando Schopenhauer de un poner a la vista la estructura como expresión de la mecánica estructural.

También Mies van der Rohe habla de este concepto de Lenguaje en la entrevista que John Peter le hizo en 1955:<sup>5</sup>

*“La razón por la que trabajamos es encontrar algo que todo el mundo pueda utilizar, una solución general. Esto es lo que llamo lenguaje común y es algo en lo que estoy trabajando. No trabajo sobre arquitectura, sino sobre la arquitectura como lenguaje. Es una disciplina que puede utilizarse para propósitos normales, y entonces hablas en prosa. Si eres bueno utilizándola hablas una prosa maravillosa. Y si eres realmente bueno, puedes ser un poeta. Pero se trata del mismo lenguaje, esto es lo característico. Un poeta no produce un lenguaje diferente para cada poema. No es necesario. Utiliza el mismo lenguaje, incluso utiliza las mismas palabras. En música sucede siempre lo mismo y casi siempre con los mismos instrumentos. Creo que sirve igual para la arquitectura. Si tienes que construir algo, puedes hacer un garaje o una catedral. Utilizamos los mismos medios, los mismos métodos estructurales para todo. Lo que intento desarrollar es un lenguaje común y no ideas personales. Creo que es el tema más importante de todo nuestro tiempo. No tenemos un lenguaje común verdadero.”*

5. PUENTE, Moisés. *Conversaciones con Mies van der Rohe*. Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 2006.

Mies está hablando de la idea del lenguaje, de la idea de un vocabulario arquitectónico basado en la estructura. Pero lo que leemos en sus palabras es la idea de lenguaje como estilo. Un estilo común para todos.

Y más adelante continúa diciendo:

*“Lo que he intentado hacer en arquitectura es desarrollar una estructura clara. Lo que yo hago, lo que usted llama mi tipo de arquitectura, debería denominarse simplemente una propuesta estructural.”*

Esta idea del Lenguaje podemos verla también con mucha claridad en la arquitectura griega que él tanto admiraba. Los griegos convirtieron la relación entre las masas sustentantes y las masas sustentadas en un lenguaje. Y de ahí surgieron sus estilos: el dórico, el jónico y el corintio. Mucho se ha hablado, escrito y estudiado sobre las claves de este lenguaje. Y así ha quedado reflejado en los tratados de Arquitectura que hoy tanto admiramos. Como el *Ensayo sobre la Arquitectura* de Marc Antoine Laugier:

*“En todos los edificios hay que distinguir la parte que carga y la parte que soporta.”*

O más recientemente, el texto de John Summerson sobre *El lenguaje clásico de la Arquitectura*:

*“En muchos edificios romanos, los órdenes son absolutamente inútiles desde un punto de vista estructural pero hacen expresivos a los edificios, les hacen hablar. El conjunto – estructura y expresión arquitectónica – debe constituir un todo integrado y esto implica introducir las columnas de muy diversas maneras.”*

Aquí sin embargo no querríamos tratar de la idea del Estilo.

En esta Tesis Doctoral querríamos estudiar la manera en la que el arquitecto configura la estructura dentro de la arquitectura. Querríamos ver la relación entre la estructura y lo que la envuelve. Querríamos estudiar la manera en la que la Estructura se manifiesta en la Arquitectura.

Cuándo y por qué la estructura se deja a la vista.

Cuándo y por qué la estructura se oculta.

Cuándo y por qué la estructura se emplea como efecto ilusorio, bien de la Gravedad, bien del Espacio.

Esta tesis trata sobre la imagen de la Estructura, sobre su capacidad expresiva, sobre el modo en el que la Estructura se manifiesta. Cuando hablamos del *Lenguaje de la Estructura*, nos estamos refiriendo a la manera en que la estructura se manifiesta dentro de la Arquitectura.

Como todo arte, como toda creación humana, también la Arquitectura tiene capacidad de comunicación. Chesterton lo explica con preciosa pedagogía en *El hombre eterno*:

*“Un pájaro puede construir un nido, de hecho los pájaros han venido construyendo nidos desde antaño. Pero los pájaros no hacen arte, el arte está en la esencia del hombre. Los pájaros no seleccionan cuidadosamente las ramas, ni apuntan sus hojas verticales para expresar piedad, como sí lo hace por ejemplo el hombre del Gótico. El pájaro construye pero no trasciende lo que construye como sí lo hace el hombre. El pájaro quiere resguardarse del frío y de la lluvia, pero el hombre quiere algo más”.*<sup>6</sup>

Y es que el Hombre, puede, y muchas veces quiere trascender todo lo que hace. Y en su deseo de trascender no hay una lógica estricta y racional, sino una búsqueda artística, y con ella un deseo de expresar esa búsqueda.

Como bien dice Stefan Zweig, *“no tengo yo noticias de deleite y satisfacción más grandes que reconocer que también le es dado al hombre crear valores imperecederos, y que eternamente quedamos unidos al Eterno mediante nuestro esfuerzo supremo en la tierra: mediante el arte”.*<sup>7</sup>

6. CHESTERTON, G.K. *The Everlasting Man*. Hendrickson Publishers, New York, 2007. Primera edición, 1925.

7. ZWEIG, Stefan. *El misterio de la creación artística*. Ediciones Sequitur, Madrid, 2010. Primera edición, 1940



## **II. DISPONER LOS PESOS EN EL AIRE**



## II.1. ETIMOLOGÍAS

La palabra Estructura viene del latín, *structura*, que significa Construcción, Fábrica, Arreglo, Disposición. El término deriva del verbo *struere*, que significa Amontonar, Construir.<sup>1</sup>

En la Real Academia Española de la Lengua,<sup>2</sup> encontramos dos acepciones de la palabra estructura. Por un lado, la estructura es la distribución y orden de las partes de un edificio, un cuerpo, o una obra. Y específicamente para la arquitectura, se entiende por estructura la armadura que fija al suelo y sirve de sustentación a un edificio. Por otro lado está el término “estructurar”, que significa articular, distribuir, ordenar las partes de un conjunto.

Y si buscamos verbos afines, encontramos nuevas definiciones que nos pueden servir de ayuda.

- Apoyar: del italiano *appoggiare*, derivado del latín *podium*. Establecer algo sobre un podio.

- Fundar: del latín, *fundare*, que viene de *fundus*, hondo. *Fundare* significa poner los fundamentos, profundizar.

- Sostener: del latín, *sustinere*. Tener desde abajo. Asir, mantener, retener.

- Sustentar: del latín, *sustentare*. Sujetar, tener desde abajo

- Soportar: del latín, *supportare*. Llevar de abajo arriba

Si nos atenemos a estas definiciones, vemos que en relación a la estructura existen dos ideas claras, la idea de sustentación, y la idea de orden o disposición. La Estructura “Transmite las cargas de la Gravedad”, y “Establece el Orden del Espacio”.

## II.2. SUSTENTACIÓN Y PERMANENCIA

La Estructura, en su esencia, no hace otra cosa que disponer los pesos en el aire.<sup>3</sup> Pues sin ese sustento la Arquitectura no puede tener lugar. No podría ponerse en pie, se caería. Es un factor invariable de la Arquitectura (figura II-01).

A la Estructura le pedimos resistencia a las cargas, rigidez para deformarse dentro de unos límites aceptables y estabilidad dentro del orden general. Le pedimos que resista las fuerzas externas: las fuerzas del viento, del terremoto, las que provocan la dilatación y retracción de los materiales por el frío y el calor. También le pedimos que resista los esfuerzos gravitatorios. Que sea capaz de soportar su propio peso. Y que sea capaz de soportar los pesos que colocamos sobre ella.

1. COROMINES, Joan. Diccionario *Etimológico de la Lengua Castellana*. Editorial Gredos, Madrid, 2012.

2. REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. *Diccionario*. Edic. Santillana, Madrid, 2005

3. En el Templo romano que hay a los pies del Puente de Alcántara, un frontispicio reza: “*ars ubi materia vincitur ipsa sua*”, refiriéndose a la arquitectura como un *artificio donde la materia se vence a sí misma*. MORELL, Alberto. *Despacio*. Ed. Nobuko, Madrid-Buenos Aires, 2011

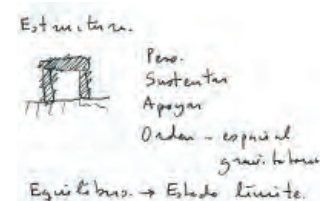


FIGURA II-01.  
Dibujo del autor.

Convergamos en que hay algo de misterio en todo esto ¿No hay algo de milagroso en un pilar, que pesando alrededor de 1 tonelada, pueda resistir 100 toneladas o incluso más? ¿Podría un hombre sostener el peso de 100 hombres? ¿No hay algo de milagroso en la enorme resistencia que pueden alcanzar algunos materiales? Evidentemente se ha avanzado mucho en la investigación, y hoy día somos capaces de establecer la capacidad resistente teórica de un material, podemos predecir los esfuerzos a los que va a estar sometida una estructura, y sabemos calcular las secciones que deben tener los elementos resistentes para aguantar los esfuerzos a los que van a estar sometidos. Todo dentro de lo que llamamos la seguridad, que es esa distancia invisible que colocamos entre la previsión de esfuerzos que van a actuar en nuestras estructuras y su capacidad resistente. Las estructuras están diseñadas, lógicamente, para resistir mucho más de lo que realmente van a tener que soportar. En eso reside el cálculo. En prever las cargas a las que se va a enfrentar nuestra estructura y en diseñarla de manera que sea capaz de soportar el doble, o el triple, o cuatro veces esas cargas. Y aunque no deja de haber algo teórico en todo esto, desde luego ya es más de lo que se hacía con las estructuras hace mil años por ejemplo, cuando las estructuras no se calculaban, o al menos no se calculaban como las calculamos hoy.<sup>4</sup>

4.  
MAS GUINDAL, Antonio.  
*Mecánica de las estructuras antiguas. Cuando las estructuras no se calculaban.* Editorial Munilla Lería, Madrid, 2011

Cuando hoy se calcula una estructura, por ejemplo de hormigón armado, se parte de la base de la resistencia del hormigón, que está determinada por la experiencia que nos dan los ensayos de laboratorio de resistencia de materiales, y los muchos años que se llevan haciendo estructuras de hormigón. Y luego durante la puesta en obra de esa estructura se vuelven a hacer ensayos para confirmar que el hormigón resiste lo que la previsión del cálculo estimaba. Tenemos suficiente base científica como para quedarnos del lado de la seguridad. Y no obstante se sigue avanzando para que la seguridad ante una obra construida sea cada vez mayor.

En la antigüedad no se tenían ensayos de laboratorio tan avanzados como los nuestros, pero la propia obra se convertía en un laboratorio, y desde luego lo que sí tenían, al igual que nosotros, es la experiencia que daban otras obras puestas en pie. Si una ciudad quería levantar su iglesia de estilo gótico, mandaba a sus artesanos a informarse de cómo lo venían haciendo en alguna ciudad vecina, no fuera a ser que aquellos muros y bóvedas se les desplomaran. O se llamaba al maestro que había levantado la iglesia del pueblo vecino. Con el tiempo puede parecer extraño hacerse estos planteamientos, pero la realidad es que el ser humano siempre ha avanzado de esta forma. Viendo cómo lo hacía el de al lado, aprendiendo y copiando, y si resultaba ser un maestro de obras con cierto ingenio, dando un pequeño paso hacia delante, innovando sobre la base de la tradición.

La diferencia entre nosotros y nuestros antepasados es que la ciencia de hoy nos permite aprovechar más la capacidad resistente de los materiales. Como hoy sabemos más sobre la resistencia de los materiales podemos utilizar unos coeficientes de seguridad más pequeños. Podemos exigir un poco más a nuestras estructuras, al límite de su resistencia.

Y ligada a la idea de la sustentación está la idea de la permanencia. Porque a la Estructura le pedimos que la resistencia, el equilibrio y la estabilidad se prolonguen en el tiempo. Como dice Eduardo Torroja, “La función de la Estructura es conservar la Forma”.<sup>5</sup>

O con palabras del arquitecto alemán Frei Otto, “Toda la arquitectura trata de hacer temporalmente estable lo que en principio es inestable”.<sup>6</sup>

Idea que también encontramos en Paul Valery, cuando nos dice cómo “aquél que construye o crea, por otra parte, se las ha de haber con el resto del mundo y el movimiento de la naturaleza, que perpetuamente tienden a disolver, corromper o echar por tierra lo que hace, debe admitir un tercer principio que trata de comunicar a sus obras, y que expresa la resistencia que quiere que opongan a ese destino que las fuerza a perecer. Y así, busca solidez o duración”.<sup>7</sup>

Es el deseo de permanencia o duración al que nos vemos irremediablemente unidos, y que tan acertadamente dibuja Giulio Romano en *La caída de los gigantes*, donde los ojos desesperados de los gigantes gritan ante esa permanencia que se desvanece (figura II-02).

Sólo gracias a la estructura permanece en el tiempo la Arquitectura. Y nos estamos refiriendo a una permanencia física. Es la estructura lo que hace que la Arquitectura perdure. Lo primero que se construye. Y lo último que queda en pie, en las ruinas. Hay dos momentos de extraordinaria belleza en un edificio. Cuando se construye, y queda toda su estructura en el aire (figura I-01), y cuando, una vez destruido, queda sólo su ruina en pie.<sup>8</sup> Los dos momentos están ligados a la estructura y al tiempo. A su principio y a su fin (figura II-03).

### II.3. ORDEN, DISPOSICIÓN Y FORMA

La estructura, por otro lado, *establece el orden de la forma arquitectónica*.

Desde el punto de vista de la mecánica,<sup>9</sup> la estructura se configura como un camino para las cargas. La estructura materializa el diagrama de fuerzas verticales y fuerzas horizontales a las que opone su resistencia. Y es que la Estructura no es otra cosa que la materialización de la resistencia a esas fuerzas.

De alguna manera, hacer Arquitectura, construirla, es ir poniendo, una sobre otra, tonelada a tonelada de Materia. Se podría decir que la Arquitectura, el arquitecto, lo que en esencia hace es disponer los pesos en el aire. Que el arquitecto a medida que va disponiendo los materiales, los cimientos, las columnas, los muros, los forjados, o las cúpulas construye diagramas de fuerzas en el espacio (figuras II-04 a II-17).

5. TORROJA, Eduardo. *Razón y Ser de los Tipos Estructurales*. Edición revisada por Jose A. Torroja. CICCIP, Madrid, 2007. Primera edición, 1957.

6. OTTO, Frei. *Conversación con Juan María Songel*. Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 2008

7. VALERY, Paul. *Eupalinos o el arquitecto*. (1924). La balsa de la medusa. Editorial Machado Libros. Madrid, 2000



FIGURA II-02. La caída de los gigantes. Giulio Romano. Fuente: internet

8. MORELL, Alberto. *La calavera*. Despacio. Editorial Nobuko, Madrid-Buenos Aires, 2011

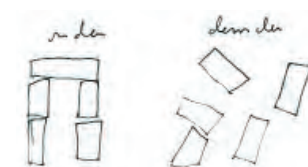


FIGURA II-03. Orden constructivo y ruina. Dibujo del autor.

9. La manera en la que trabaja la estructura depende en esencia de cómo se dispone la estructura frente al esfuerzo. Es decir, depende de su forma. Hay una relación inequívoca entre la mecánica de una estructura y su forma.

Y hay cinco modos básicos de trabajo de una estructura: compresión, tracción, flexión, torsión y cortadura. Decimos que un cuerpo está trabajando a COMPRESIÓN cuando está sometido a la acción de dos fuerzas opuestas que tienden a disminuir su volumen. Decimos que un cuerpo está trabajando a TRACCIÓN cuando está sometido a la acción de dos fuerzas opuestas que tienden a alargarlo. La FLEXIÓN es la

curvatura que experimenta un sólido elástico por la acción de una fuerza perpendicular a su directriz. Un cuerpo a TORSIÓN está sometido a la acción de fuerzas opuestas que tienden a retorcerlo en forma helicoidal. Y por último, la cizalla o esfuerzo de CORTADURA, que tiene que ver con el recortar o desgarrar.

En resumen, la compresión tiene que ver con la idea de apretar o de empujar; la tracción se relaciona con el estirar, alargar o tirar; la flexión es el doblar o combar; la torsión, el retorcer; y la cortadura, el recortar.

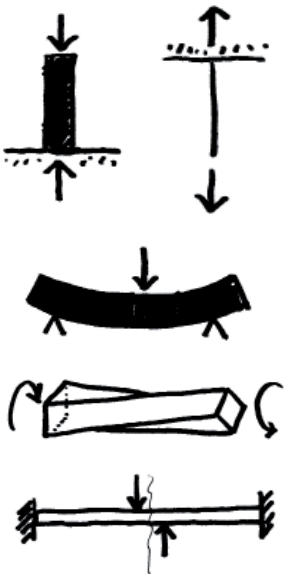


Figura a. Compresión, Tracción, Flexión, Torsión y Cortadura. Dibujo del autor.

Estos cinco tipos de esfuerzos están relacionados con cinco formas muy claras, que van a dar lugar a los distintos tipos de elementos estructurales. Podemos decir, a priori, que existen las formas de la compresión, las formas de la tracción, las formas de la flexión, las formas de la torsión, y las formas de la cortadura. Y decimos a priori porque luego la realidad construida, la realidad estructural es un poco más compleja, pues normalmente, en la mecánica de los edificios construidos entran a trabajar a la vez varias de estas formas.

Tres de estos cinco tipos de esfuerzos han sido capaces de determinar por sí solos una tipología arquitectónica o un elemento estructural esencial: compresión, tracción y flexión. Lo que queríamos destacar aquí es que estos tres tipos de

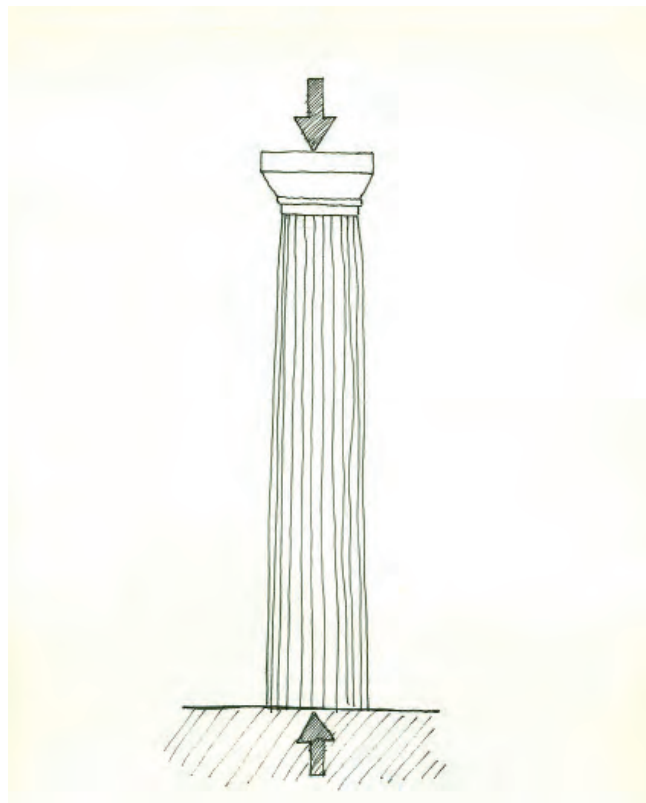


FIGURA II-04. Columna. Acción y reacción. Dibujo del autor.

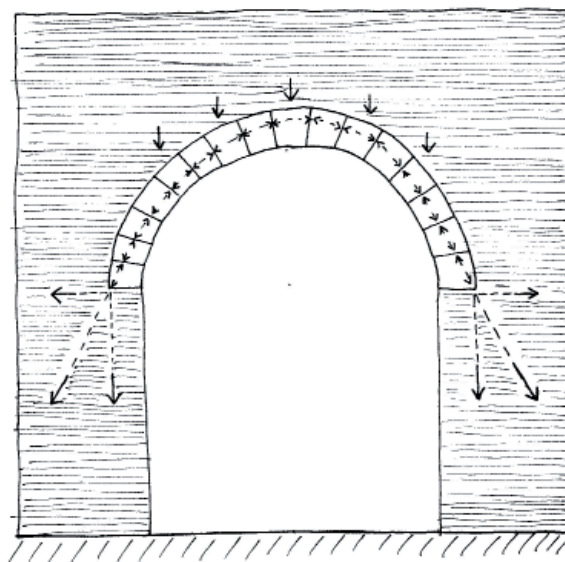


FIGURA II-05. Arco. Reacciones dentro del área de las dovelas y empujes en los estribos. Reinterpretación del autor sobre dibujo de Jacques Heyman y Santiago Huerta.

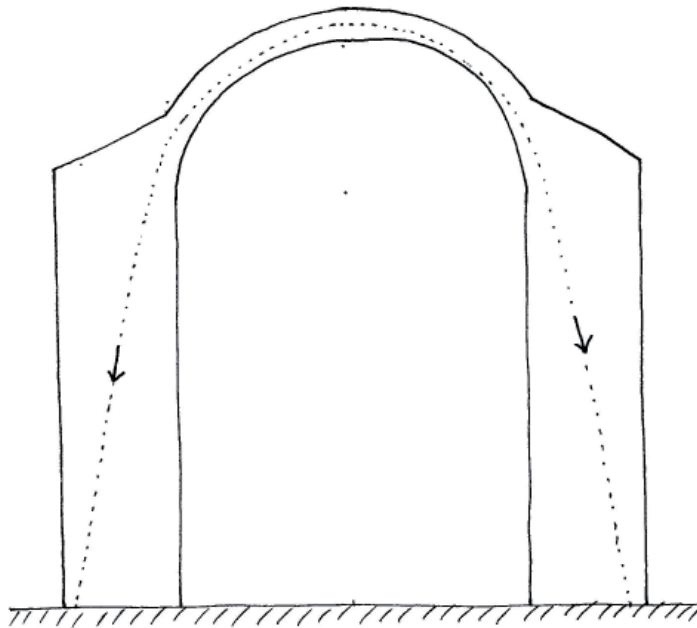


FIGURA II-06.  
Bóveda de cañón con sus reacciones dentro  
de la masa de los muros laterales.  
Reinterpretación del autor sobre  
dibujo de Jacques Heyman y Santiago Huerta.

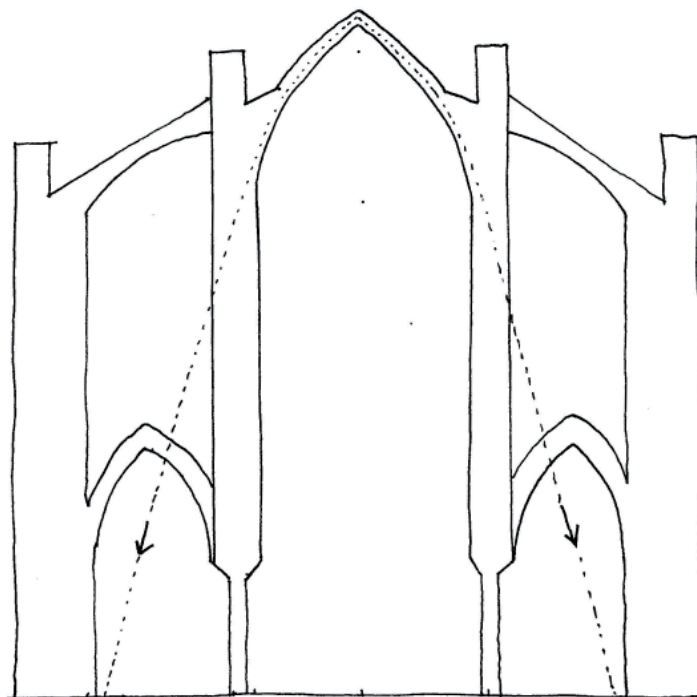


FIGURA II-07.  
Bóveda de arista con sus reacciones dentro  
del área de los contrafuertes laterales.  
Reinterpretación del autor sobre  
dibujo de Jacques Heyman y Santiago Huerta.

esfuerzos se corresponden con tres ideas. Y que esa relación se traduce en la forma de los elementos estructurales. Es decir, que el esfuerzo al que está sometido un elemento estructural se refleja en la forma de ese elemento.

La compresión da lugar a formas que manifiestan con claridad ese apretar, como la COLUMNA o el MURO de carga. La compresión se manifiesta en los elementos verticales que transmiten a la tierra las cargas gravitatorias, el peso de los elementos. Frente al muro, que aparte de función soporte, tiene función de definición del espacio, la columna es el más puro símbolo de la compresión. Es el elemento estructural que con más claridad se relaciona con la fuerza de la gravedad. Pero cuando se trata de cubrir un espacio horizontal mediante la compresión, ni la columna ni el muro nos sirven. El ingenio de los constructores llevó a dos tipos de soluciones, el falso arco que empleaban los egipcios en las cámaras funerarias de sus pirámides, y mejor todavía, el verdadero ARCO de dovelas, cuyo principio se aplica también a la BÓVEDA y la CÚPULA. Gracias a las dovelas, que se van comprimiendo entre sí, el arco es capaz de dirigir la fuerza de la gravedad no en vertical, sino en oblicuo. Trabajando a compresión, al igual que la columna, es capaz de salvar un espacio horizontal, algo que no está al alcance de la columna. Y este principio, a mayor escala, lo encontramos también en la bóveda, que no deja de ser un arco extruido a lo largo de un eje, y en la cúpula, resultado de la revolución de un arco sobre su propio eje. Estas estructuras transforman las cargas gravitatorias, verticales, en cargas inclinadas.

El esquema de la tracción es inverso al esquema de la compresión. En ambos la fuerza se despliega en la dirección longitudinal del cuerpo, pero el sentido en la compresión es hacia el interior, apretando, mientras que el sentido de la tracción es hacia fuera, tirando. Por eso podemos decir que existe una relación formal inversa entre los elementos estructurales propios de la compresión y los elementos estructurales propios de la tracción. El cable, la cadena, la catenaria, la tienda

y el puente colgante son tipos estructurales propios de la tracción. Aquí se muestra muy claramente la idea del estirar o alargar. El cable y la cadena vienen a ser el inverso de la columna. La catenaria viene a ser como el inverso del arco (figura b).

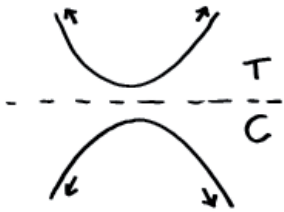


Figura b. Relación formal inversa entre la tracción y la compresión. Arriba, catenaria-tracción. Debajo, arco-compresión. Dibujo del autor.

Y de alguna manera el puente colgante es también el inverso de la catedral gótica. La idea del puente colgante consiste en suspender el tablero de paso, por medio de tirantes que penden verticalmente de una catenaria tendida sobre el cauce que se quiere salvar. Esta catenaria trabaja a tracción, tira, es decir, lo contrario de lo que hacen las bóvedas de la catedral gótica. Y así como la bóveda empuja hacia fuera, el cable tira hacia dentro. Tira de las dos pilas centrales. Los cables de los extremos hacen aquí la función contraria a los contrafuertes góticos. Estos, resistían el empujar de las bóvedas. Mientras que los cables resisten el tirar, atrantan las pilas (figura c).

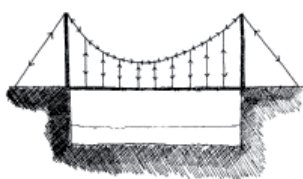
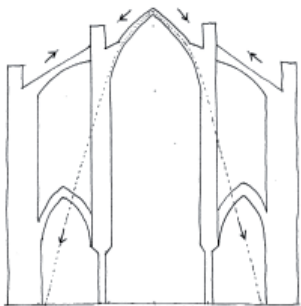


Figura c. Relación inversa entre los tirantes del puente colgante y los contrafuertes de la catedral gótica. Dibujo del autor.

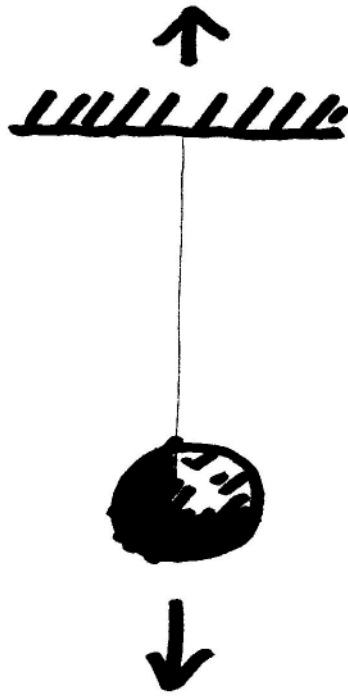


FIGURA II-08.  
Reacciones de tracción en un cable.  
Dibujo del autor

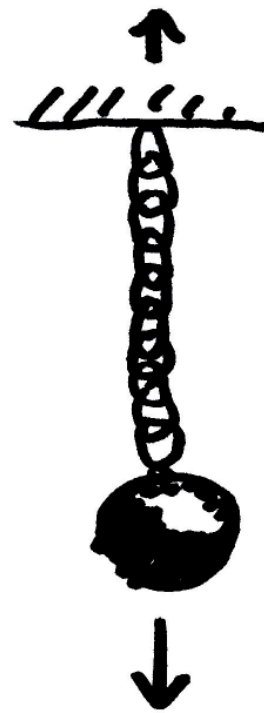


FIGURA II-09.  
Reacciones de tracción en una cadena.  
Dibujo del autor

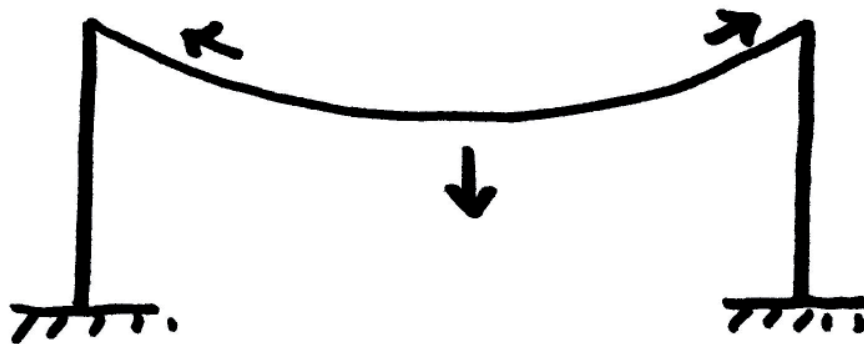


FIGURA II-10.  
Reacciones de tracción en la catenaria.  
Carga vertical y reacciones oblicuas  
Dibujo del autor

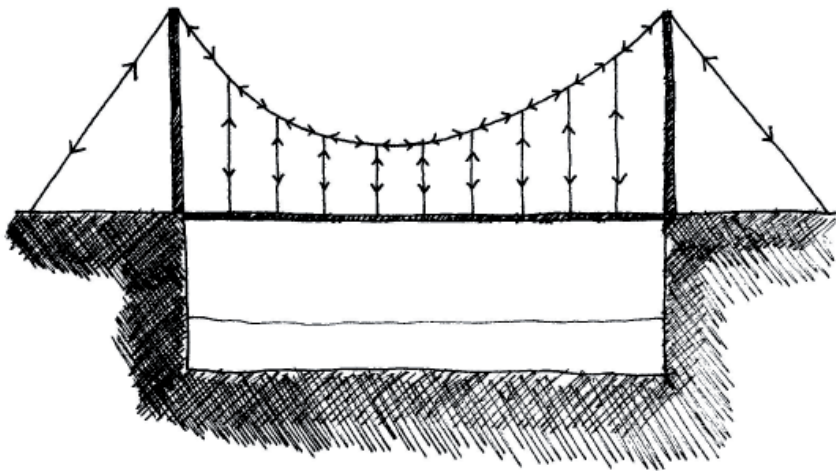


FIGURA II-11.  
Reacciones de tracción en un puente colgante.  
La carga vertical del tablero del puente se convierte,  
por la catenaria, en una reacción oblicua en sus extremos  
Dibujo del autor

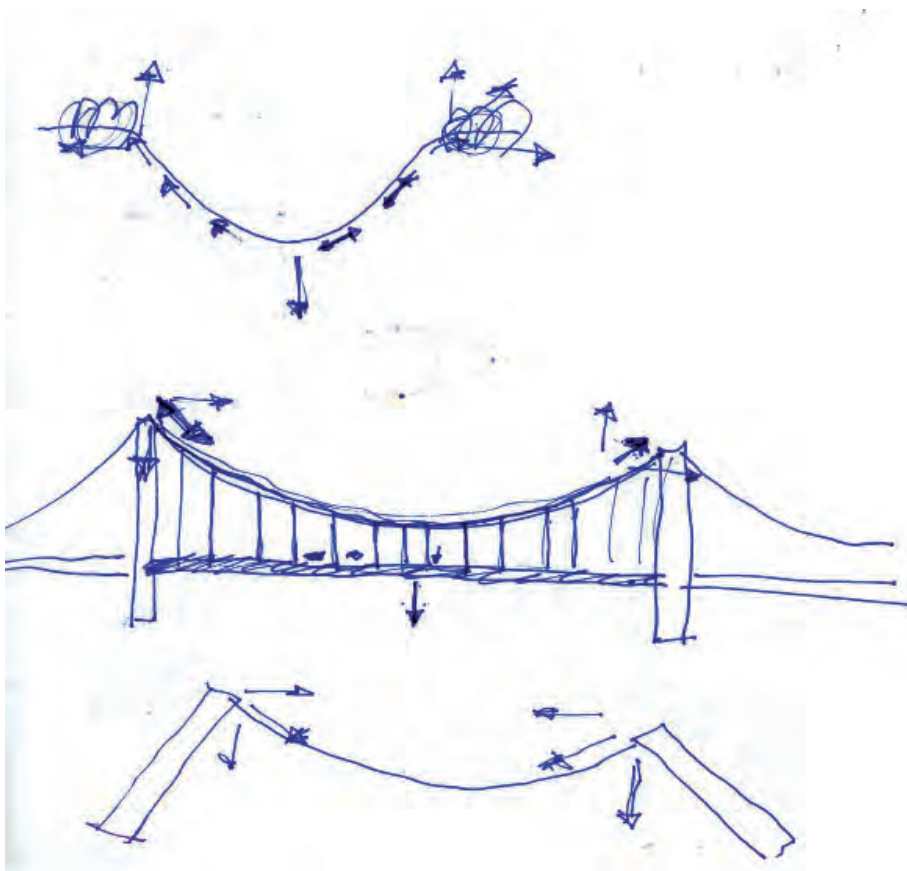


FIGURA II-12.  
La catenaria del puente colgante tirando de las pilas verticales y el atirantado de  
sus extremos en una función inversa a la de los contrafuertes góticos.  
Dibujo del autor

Esta relación entre la compresión y la tracción la explica muy bien Félix Cardellach en su libro *Filosofía de las Estructuras*:

*“Entre las construcciones de miembros comprimidos y las de miembros tensados existe una verdadera conjugación, es decir, una relación sencilla que permite el paso de las formas de una clase a las formas de otra clase, toda vez que ambas satisfacen a una sola y única ley de equilibrio. Por consecuencia de esta conjugación se verifica que dos estructuras de las mismas condiciones satisfacen a un mismo perfil, es decir, que dos arcos de igual luz y flecha, y sometidos a una misma repartición de cargas, trabajando uno por compresión y por tensión el otro, tienen una misma ecuación para su línea media, de manera que la misma figura debe afectar un arco de sillería racionalmente trazado, que un cable colgante, si ambas estructuras tienen de común las citadas circunstancias. La primera estructura es cóncava, mientras que la segunda es convexa, pero basta invertir una de las dos formas para que la coincidencia pueda efectuarse con exactitud.”*

También debemos recordar aquí que fue Robert Hooke en 1670 el primero que señaló esta relación entre el arco y la catenaria, con este sencillo enunciado: *“Ut pendet continuum flexile, sic stabit contiguum rigidum inversum.”* (Como cuelga un cable flexible, así invertido se encuentran las piezas de un arco rígido).

Completamos con la flexión este repaso por los modos de trabajo de una estructura. Ya hemos visto que la flexión es el esfuerzo a que está sometido un cuerpo por la acción de una fuerza perpendicular a su directriz. Una fuerza que dobla, que arquea. La VIGA y LA LOSA son elementos estructurales característicos de la flexión. Y la tipología estructural que con más claridad representa el trabajo en flexión es el ESQUELETO MODERNO de pilares, vigas y forjados. La estructura reticular. Eduardo Torroja, en su *Razón y ser de los tipos estructurales*, nos habla de la primera viga: *“El dintel monolítico, sobre dos pilastras o sobre las jambas del muro ciclópeo, es el primer triunfo del humano constructor*

para salvar un vano con caracteres de permanencia en su obra. Él no sabía que aquello trabajaba a flexión, pero debió aprender pronto que si el canto era pequeño en relación con la luz, la piedra se partía por abajo; y si se impedía el movimiento horizontal, afianzando los extremos del borde inferior contra los muros, el peligro de rotura era menor.”

La viga y la losa, a diferencia del arco y de la bóveda, y de la catenaria y el toldo, es capaz de cubrir un espacio horizontal, y transmitir el peso a sus apoyos sin producir empujes. Los contrafuertes ya no son estrictamente necesarios. El resultado es un cambio formal y también de proporciones (figura d).



Figura d. Eliminación del contrafuerte en las estructuras a flexión. Dibujo del autor.

Frente a las estructuras de bóvedas y muros, el esqueleto formado por columnas, losas y vigas tiene una mayor libertad formal. Leemos en *La Estructura*, de H. W. Rosenthal que “en la catenaria (y en el arco) todos los esfuerzos se transmiten dentro de la línea (dentro de su directriz), sean tracciones o compresiones... que la catenaria (y su inverso, el arco) es una línea natural de distribución de fuerzas”. Pensemos en un arco de piedra de una iglesia románica. Sus dovelas de piedra se tienen que adaptar a lo que llamamos la línea potencial de acción externa, la línea que une los puntos de la sección de momento cero. En caso contrario aparecen los momentos, los esfuerzos de flexión que un arco no puede resistir. Es decir, que las estructuras a compresión y a tracción tienen que seguir de algún modo el camino de los esfuerzos. La verticalidad de la columna o del cable en tensión nos hablan de una carga vertical. El trazado del arco o de la catenaria nos hablan de cómo la carga gravitatoria, vertical, toma un rodeo para salvar un espacio horizontal. Hay una relación evidente entre la mecánica y la forma de la estructura. Y sin embargo, en las

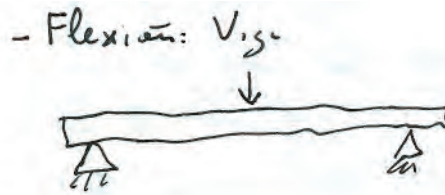


FIGURA II-13.  
Viga simple apoyada.  
Dibujo del autor

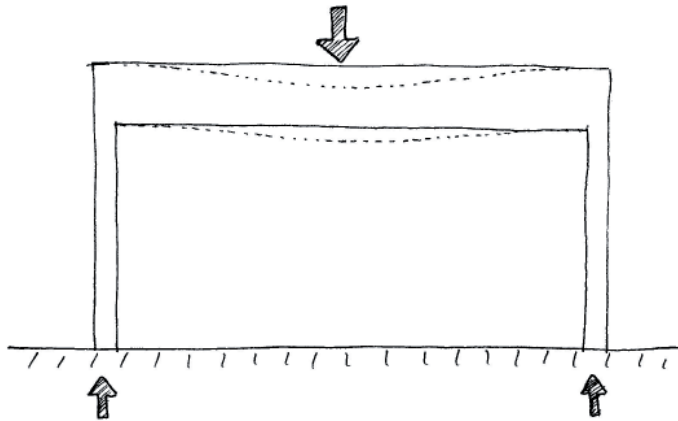


FIGURA II-14.  
Viga con nudos empotrados.  
Dibujo del autor

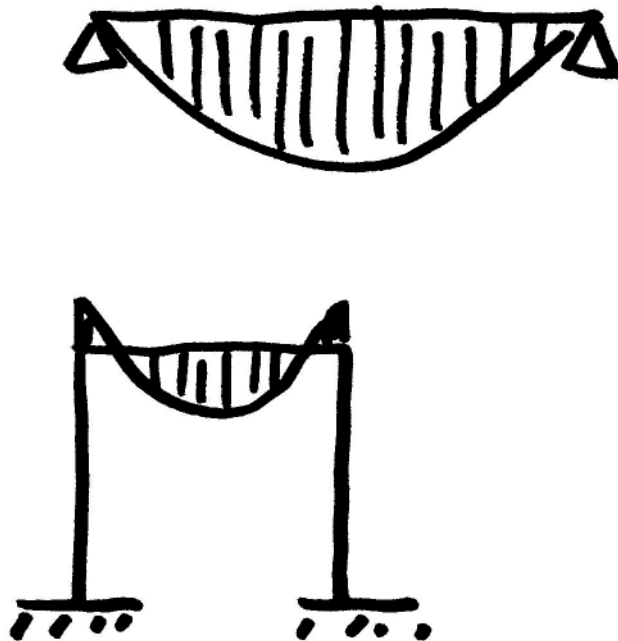


FIGURA II-15.  
Diagrama de momentos de una viga apoyada y una viga con nudos empotrados. Dibujo del autor

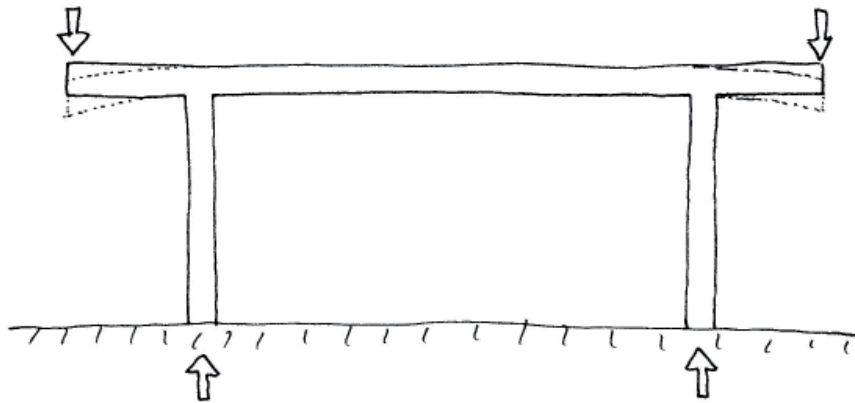


FIGURA II-16.  
Pórtico con voladizo en los extremos.  
Dibujo del autor

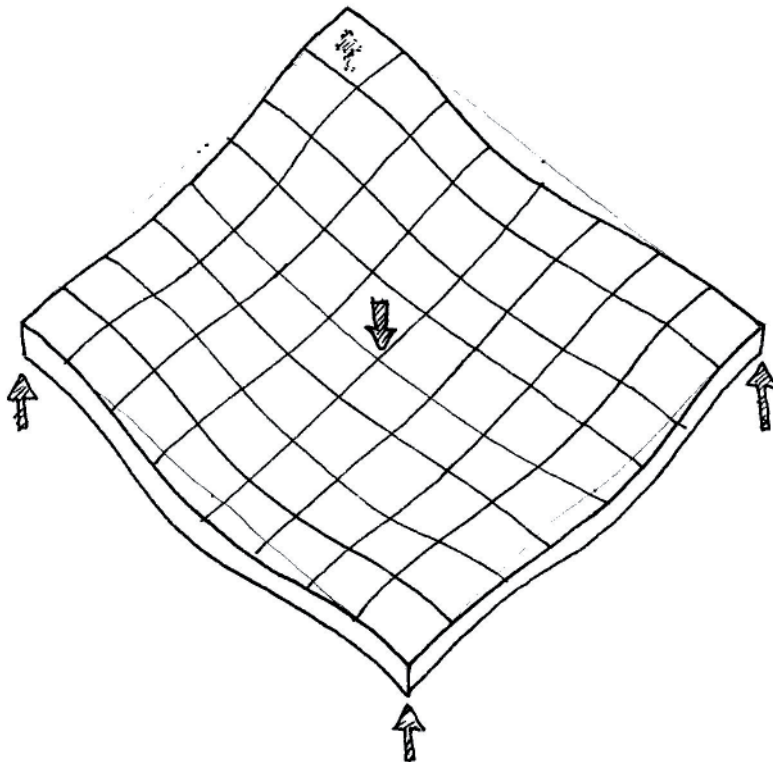


FIGURA II-17.  
Deformación de una losa de hormigón apoyada en sus  
esquinas. Dibujo del autor

estructuras a flexión no existe esa dependencia formal, como bien explica Felix Cardellach en su *Filosofía de las Estructuras*: "La forma puede evolucionar independiente respecto a la línea potencial de acción externa, dada su elasticidad. Precisamente en esta independencia tienen su característica las formas elásticas, y de nada serviría su elasticidad si adaptáramos aquellas formas a la línea de acción externa."

Frente al arco, que debe adaptarse a la línea natural de distribución de esfuerzos, la viga se mantiene ajena, más abstracta (figura e).

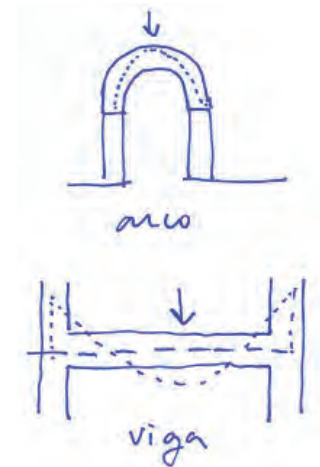


Figura e. Arco adaptado a su línea potencial de cargas vs viga liberada de su ley de momentos. Dibujo del autor.

Podemos así decir que, con la flexión, las estructuras se hacen más libres, menos obligadas por la distribución natural de las cargas, más abstractas. Frente a la sección de la Catedral Gótica el pórtico elástico presenta una mayor abstracción, y esa abstracción tiene una razón mecánica. La losa se dispone perpendicular a la carga que tiene que soportar. Y será su armado interior el que determinará su capacidad de hacer frente a los esfuerzos a los que está solicitada. La bóveda debe curvarse, plegarse al recorrido de los esfuerzos. Aunque curiosamente, este mayor grado de abstracción no va acompañado de una mayor eficacia en el camino que llevan las cargas. El rodeo que tiene que hacer la carga para llegar al apoyo es menor en el caso del arco ( $\pi r/2$ , siendo  $r$  el radio de circunferencia del arco) que en el caso de la viga ( $2r$ , para una viga de luz igual al diámetro del arco), figura f.

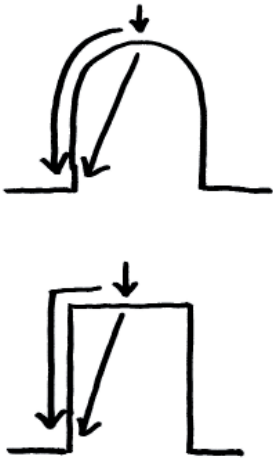


Figura f. Longitud del recorrido de una carga en el arco y en la viga. La longitud en el arco es  $\pi r/2$ , siendo  $r$  el radio de circunferencia del arco. En la viga, la longitud del recorrido es  $2r$ . Dibujo del autor.

La Estructura resiste y transmite las fuerzas a la tierra. Es como un camino para las fuerzas. Del aire a la tierra. La Estructura es el camino que utilizan los constructores para ir avanzando en su construcción. Por eso la construcción de toda Arquitectura comienza por la Estructura. Primero la cimentación. De los cimientos nacen los elementos estructurales verticales, y sobre estos apoyan los elementos horizontales, que sirven para pisar, para cubrir, o para las dos cosas a la vez. La Arquitectura se construye pues en sentido contrario a la Fuerza de la Gravedad. La Gravedad hacia abajo. La Arquitectura hacia arriba. Son ideas opuestas y complementarias. Tan complementarias, que no se puede entender la Arquitectura sin la Gravedad:

Podríamos traer aquí el ejemplo de las dos esculturas “*Destrucción y Construcción*”, expuestas en la cripta de la *Frauenkirche* en Dresde (figuras II-18 y II-19). Esta iglesia barroca fue destruida durante la II Guerra Mundial, y quedó en ruinas hasta la caída del Muro de Berlín. Como recuerdo de su historia, se levantaron estas dos esculturas en su cripta.



FIGURA II-18, izquierda. Construcción, Frauenkirche, Dresde. Fotografía del autor



FIGURA II-19, derecha. Destrucción, Frauenkirche, Dresde. Fotografía del autor

Como un juego de formas geométricas, las dos esculturas se componen del mismo número de bloques de granito gris, con un orden geométrico claro en un caso, y esparcidas o desordenadas en el otro caso, una escultura frente a la otra. Es muy diferente la percepción cuando los bloques se apilan unos sobre otros o cuando se esparcen por el suelo. En un caso hay orden, hay relación, hay una forma racional que puede transmitirse de un hombre a otro, por ejemplo, mediante un dibujo. En el otro caso hay desorden, no hay una relación geométrica clara, y la transmisión de la forma es más difícil. Si tuviéramos que desmontar ambas esculturas bloque a bloque para levantarlas en algún otro lugar, sería mucho más fácil la transmisión de la forma ordenada que la transmisión de la forma sin orden.

Ese orden formal es el que establece la Estructura.

## II.4. LENGUAJE Y EXPRESIÓN.

No podemos negar que la Arquitectura, como cualquier creación del Hombre, como cualquier labor creadora, aún en silencio, habla, canta. Así lo expresa con palabras poéticas Paul Valery.

*“¿no has observado al pasear esta ciudad que de entre los edificios que la pueblan algunos son mudos; que otros hablan; y que otros en fin, los más raros, cantan? No es el destino que se les dé, ni siquiera su aspecto general, lo que a tal punto los anima o los reduce al silencio: es algo que atañe al talento de su constructor, o al favor de las Musas.*

*...En cuanto a los monumentos que se limitan a hablar, cuando saben lo que se hacen quienes los hacen, hablan el más claro de los lenguajes”.*<sup>10</sup>

Y también Viollet le Duc.<sup>11</sup>

*“El artista, sea lo que sea; poeta, músico, arquitecto, escultor o pintor, es capaz de expresar con el lenguaje que le es propio, y de hacer penetrar en las masas, un sentimiento cuya naturaleza es común a todos ellos. Cada arte posee su lenguaje.”*

*“La primera condición que hay que cumplir para componer es saber qué es lo que se quiere hacer. Y saber qué es lo que se quiere hacer significa tener una idea. Para expresar dicha idea hacen falta unos principios y una forma, es decir, unas normas y un lenguaje.”*

El lenguaje del que estamos hablando, es un lenguaje que entra por los ojos. Y es que como bien dice Rousseau, *“se habla a los ojos mucho mejor que a los oídos”.*<sup>12</sup>

Toda labor creadora tiene por objeto, en palabras de Aristóteles,<sup>13</sup> *“traer a la existencia un objeto”*, o en palabras de Martin Heidegger,<sup>14</sup> *“un desocultamiento de un ser que está oculto”*. Lo que no es todavía, por mediación del arte, pasa a ser. Lo que está oculto, por mediación del arte, pasa a desocultarse, a mostrarse. Lo que estaba en silencio, se manifiesta. El arte hace visibles los conceptos.

Pues de la misma manera la Estructura, como parte de la Arquitectura, también habla, también se manifiesta, también se expresa. Esa expresión de la Estructura puede ser, en primer lugar, una EXPRESIÓN DE LA IDEA DE SUSTENTACIÓN.

Como bien dice Arthur Schopenhauer en sus *Lecciones sobre metafísica de lo bello*: *“Opino que el destino de la arquitectura es poner de manifiesto la lucha entre el peso y la rigidez”.*<sup>15</sup>

Y Nietzsche en *Así habló Zaratustra*: *“En las obras de arquitectura se ha de visualizar el orgullo, la victoria sobre la gravedad”.*<sup>16</sup>

O Auguste Perret:<sup>17</sup> *La arquitectura es el arte de hacer cantar al punto de apoyo.*

10. VALERY, Paul. *Eupalinos o el arquitecto*. (1924). La balsa de la medusa. Editorial Machado Libros. Madrid, 2000.

11. VIOLLET LE DUC. *Conversaciones sobre la Arquitectura*. Volumen I. Consejo General de la Arquitectura Técnica de España, Madrid, 2007. Traducción de Maurici Pla. Primera Edición, París, 1863.

12. ROUSSEAU, J.J. *Ensayo sobre el origen del Lenguaje*. Editorial Akal, Madrid, 1980. Traducción de M. Armiño. Primera edición, 1781.

13. ARISTÓTELES. *Ética a Nicomaco*. Editorial Porrúa, México, 2007. Primera edición, s. IV a.C.

14. HEIDEGGER, Martin. *El Arte y el Espacio*. Editorial Herder, Barcelona, 2009. Traducción de Jesús Adrián Escudero. Primera Edición, St. Gallen, 1969.

15. SCHOPENHAUER, Arthur. *Lecciones sobre metafísica de lo bello: Sobre la Arquitectura y el arte de canalizar las aguas*. Universidad de Valencia, 2004. Primera edición, 1820.

16. NIETZSCHE, Friedrich. *Así habló Zaratustra*. Alianza Editorial, Madrid, 1972. Primera edición, 1883.

17.  
FANELLI, Giovanni y CARGIANI, Roberto. *Auguste Perret, Grandi Opere*. Editori Laterza, Roma, 2002.

18.  
HEGEL, *Lecciones sobre la Estética. Tercera Parte, Primera Sección, La Arquitectura*. Ediciones Akal, Madrid, 2007. Primera edición 1818.

Y también Hegel, en sus *Lecciones sobre Estética*<sup>18</sup> habla de cómo debe manifestarse la relación entre los elementos sustentantes y las cargas que estos soportan.

*“Lo que ante todo importa con este único fin de la sustentación es el hecho de que la columna, en relación con la carga que sobre ella descansa, produzca la impresión de conformidad a fin.”*

Evidentemente, hay una relación directa entre la mecánica de una estructura y su forma. Y también entre la mecánica de un elemento estructural y su forma. Por tanto, en la forma de la estructura, se hace evidente la función sustentante de esa estructura.

Por otro lado puede considerarse que el Lenguaje de la Estructura es un LENGUAJE CONSTRUCTIVO. Aunque esta manera de entender el Lenguaje de la Estructura es propia de una época histórica concreta. Cuando hablamos del Lenguaje de la Estructura, nos viene a la memoria, por ejemplo, la referencia clara de los órdenes clásicos. En el capítulo III de esta Tesis doctoral se analizará cómo los arquitectos de la Grecia clásica establecieron un vocabulario arquitectónico basado en:

a) Los órdenes; dórico, jónico y corintio, y

b) La columna;

-según el número de columnas en fachada; hexástilo, octástilo, decástilo;

-según la disposición de la columna alrededor del edificio; hípetero, díptero, pseudodíptero, períptero, anfipróstilo, próstilo o in antis,

-según la proporción de los intercolumnios; picnóstilo, sístilo, eústilo, diástilo o aeróstilo.

19.  
AROCA, Ricardo. *¿Qué es Estructura?* Cuadernos del Instituto Juan de Herrera, ETSAM, Edición a cargo de M<sup>a</sup> Concepción Pérez Gutiérrez, Madrid, 1999.

Son varios los autores que nos dicen que probablemente el lenguaje de las proporciones del templo clásico griego, sus variantes dórica, jónica, corintia, y las distintas relaciones entre el grueso de la columna, el intercolumnio y la altura de su arquivolta, es decir, de la viga que va de columna a columna, era también una manera de establecer las reglas de su mecánica. Como por ejemplo, Ricardo Aroca:<sup>19</sup>

*“El conjunto de órdenes clásicos supone un lenguaje arquitectónico en toda la acepción de la palabra, que conlleva, entre otros contenidos, un correcto funcionamiento de la estructura. La pérdida del lenguaje clásico durante el medievo acaba traducándose en la construcción gótica en un nuevo conjunto de reglas de proporción, con la diferencia respecto a los lenguajes clásico de que las reglas no se explicitan y son transmitidas dentro de círculos cerrados de constructores que aseguran así su dominio del mercado. Obviamente las reglas son deducibles de los propios edificios (se leen) ya construidos y a ello se aplican los cultivadores del renacimiento científico gótico que se produce en el XIX.”*

Es decir, el arquitecto que seguía esas reglas proporcionales sabía que su templo así diseñado se mantendría en pie. Su estructura quedaría del lado de la seguridad. De hecho, que la tipología constructiva del templo griego hubiera estado vigente durante tantos siglos, podría ser también por este deseo de estar dentro de la seguridad estructural. Y algo parecido se puede decir respecto a la catedral gótica, otra tipología estructural que vivió muchos siglos. También los maestros góticos tenían un lenguaje constructivo, aunque no tan explícito como el de los arquitectos griegos. Santiago Huerta<sup>20</sup> cuenta cómo el propio lenguaje implica un primer análisis de estas estructuras:

*“Al hablar de bóvedas y estribos no sólo estamos describiendo elementos de la construcción, estamos realizando un primer análisis estructural. El maestro constructor, al pensar con los términos de la construcción tradicional, aprovechaba una experiencia de siglos, embebida en el propio lenguaje. Uno de los problemas más graves del análisis de estructuras históricas en la actualidad es, precisamente, la ignorancia de este lenguaje tradicional, rico y lleno de matices, que permite pensar adecuadamente.”*

Como dice Viollet le Duc,<sup>21</sup> hay una relación también directa entre el lenguaje constructivo de una estructura, sus elementos, y su forma.

*“Imponedme una estructura y encontraré con toda naturalidad las formas que deben deducirse de ella. Pero si cambiáis la estructura, yo tendré que cambiar las formas.”*

También puede considerarse el Lenguaje de la Estructura como un LENGUAJE ORNAMENTAL. Es lo que hacen los arquitectos de la Roma clásica primero, y más adelante los arquitectos del Renacimiento, cuando utilizan los órdenes griegos y sus elementos estructurales, fundamentalmente las columnas y los arquivadros, con función no estructural, sino decorativa.

Y dentro del Lenguaje de la Estructura podemos hablar de ESTILOS DE LENGUAJE, de maneras de expresar la estructura.

Así por ejemplo, nos encontramos autores que defienden la necesidad de expresión de la verdad estructural:

Por ejemplo, Berlage:<sup>22</sup> *“Hay que combatir el arte de apariencia, es decir, la mentira, para volver a adueñarnos de la esencia y no de la apariencia. Por consiguiente, queremos la esencia de la arquitectura, esto es, la sinceridad, pues en el campo del arte la mentira también se ha convertido en regla y la sinceridad en excepción.”*

Y Erich Mendelsohn:<sup>23</sup> *La estructura desnuda obliga a la verdad. El esqueleto, allí donde se encuentra aún sin revestir, muestra de manera más clara y majestuosa la audacia de las estructuras de acero y hormigón armado que no la obra terminada.*

20. HUERTA, Santiago. *Arcos, bóvedas y cúpulas. Geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica*. Instituto Juan de Herrera, ETSAM Madrid, 2004.

21. VIOLLET LE DUC. *Conversaciones sobre la Arquitectura*. Volumen I. Consejo General de la Arquitectura Técnica de España, Madrid, 2007. Traducción de Maurici Pla. Primera Edición, París, 1863.

22. NEUMEYER, Fritz. Mies van der Rohe. *La palabra sin artefacto. Reflexiones sobre arquitectura 1922/1968*. El Croquis Editorial. Madrid, 1995. Traducción: Jordi Siguán.

23. ZEVI, Bruno. *Erich Mendelsohn. Serie di Architettura*. Ed. Zanichelli, Bologna, 1982.

24.  
BROWNLEE / DE LONG, David. *Louis Kahn: en el reino de la arquitectura*. Ed. Gustavo Gili, Barcelona, 1998

25.  
MASELLO, David. *Architecture without rules. The houses of Marcel Breuer and Herbert Beckhard*. Norton, New York, 1996

26.  
JOHNSON, Philip. *Escritos*. Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 1981

27.  
SERRAINO, Pierluigi. *Eero Saarinen. Un expresionista estructural*. Ed. Taschen, Köln, 2006

28.  
CHARLESON, Andrew. *La estructura como arquitectura*. Editorial Reverté, Barcelona, 2007. Título original: *Structure as Architecture*. Elsevier Ltd, Kidlington, 2005

29.  
CANDELA, Félix, *En defensa del formalismo y otros escritos*. Ediciones Xarait, Madrid, 1985

Y Louis Kahn,<sup>24</sup> cuando dice que *“la belleza de las construcciones de hierro ha de estar basada sobre todo en los procesos estáticos internos del sistema de vigas. Configurar estéticamente este sistema de vigas, hacer que pueda ser comprensible y que pueda ser disfrutado por el intelecto, por el alma y por el ojo: en esto consiste la tarea artística.”* O Cuando nos dice cómo *“la Arquitectura, como todo Arte, debe mostrar las marcas que revelan cómo se ha hecho.”*

Y también Marcel Breuer:<sup>25</sup> *“Para nosotros claridad significa la expresión del propósito de un edificio, y una sincera expresión de su estructura.”*

Aunque encontramos también autores en contra de esta idea. Por ejemplo Philip Johnson:<sup>26</sup> *“La idea de honestidad estructural es uno de esos tópicos de los que deberíamos liberarnos de una vez. Qué hicieron si no los griegos con sus columnas de mármol imitando madera y revistiendo con frontones de piedra sus tejados de madera. Los góticos con sus tejados de madera protegiendo sus delicadas bóvedas. Y Miguel Ángel con sus columnas manieristas.”*

Pero cuando nos movemos dentro del estilo o de los estilos, el panorama puede ser tan amplio, que una sola Tesis doctoral no bastaría para contemplarlos todos.

Eero Saarinen<sup>27</sup> haciendo un repaso del siglo XX nos dice: *“El principio de la estructura se ha movido de la idea de honestidad estructural, a la idea de expresión de la estructura, y finalmente a un expresionismo estructural. La integridad estructural es un principio potente y duradero y yo no querría nunca apartarme de él. Expresar la estructura, sin embargo, no es un fin en sí mismo. Sólo cuando la estructura puede contribuir a la totalidad es importante.”*

Y Cecil Balmond<sup>28</sup> también nos habla de lo delicado que puede resultar establecer una doctrina dogmática respecto a la expresión de la estructura: *“La estructura debe ser comprensible y rotunda. No hay ninguna doctrina o principio absoluto que dicte que una estructura deba reconocerse como un esqueleto funcional básico o como la manifestación de una máquina de alta tecnología. La estructura puede ser sutil y más reveladora.”*

Por último, Félix Candela:<sup>29</sup> *“Puesto que para la elección de los detalles hay siempre muchas posibilidades igualmente satisfactorias desde el punto de vista estático, volvemos a mi vieja afirmación de que el diseño estructural tiene mucho más de arte que de ciencia.”* (Félix Candela, 1959)

En esta Tesis Doctoral se hablará del Lenguaje de la Estructura desde otro punto de vista. Desde el punto de vista de las tres categorías que extraeremos de nuestro análisis de las estructuras históricas:

- Estructuras a la vista.
- Estructuras ocultas.
- Estructuras ilusorias.



### **III. LA EXPRESIÓN DE LA ESTRUCTURA EN ARQUITECTURAS DEL PASADO**



La Historia de la Arquitectura es maestra y ejemplo a seguir. Más allá de la mecánica de la estructura está la idea de cómo el arquitecto ha ido formalizando sus estructuras a lo largo de la Historia. Porque la estructura, además de su labor portante, lo que básicamente hace es *“establecer el orden del espacio”*.<sup>1</sup>

En las páginas siguientes intentaremos dar una explicación somera, clara y sencilla de los temas estructurales en los principales periodos de la Historia de la Arquitectura. Aunque suenen a conocido, creemos que es una introducción conveniente para llegar a las cuestiones más específicas de este trabajo. Vamos a hacer un recorrido desde tres puntos de vista: Estructuras a la Vista, Estructuras Ocultas y Estructuras Ilusorias. Veremos cómo los arquitectos han ido configurando sus estructuras con estricta sujeción a la Ley de la Gravedad pero también con algo más.

1. CAMPO BAEZA, Alberto. *La Estructura de la Estructura*. Memoria del curso 2007-2008. Unidad Docente Alberto Campo Baeza. Maira Libros, ETSAM, Madrid, 2008

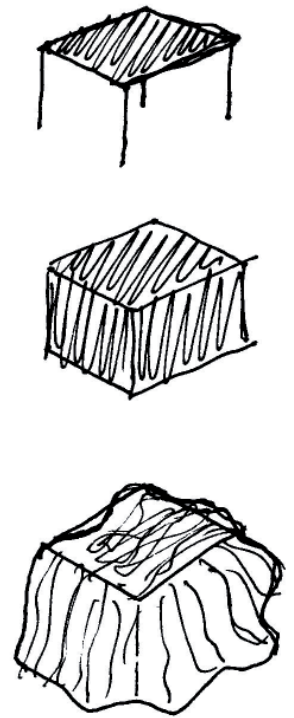


FIGURA III-1  
Estructura vista,  
Estructura oculta,  
Estructura ilusoria.  
Dibujo del autor.



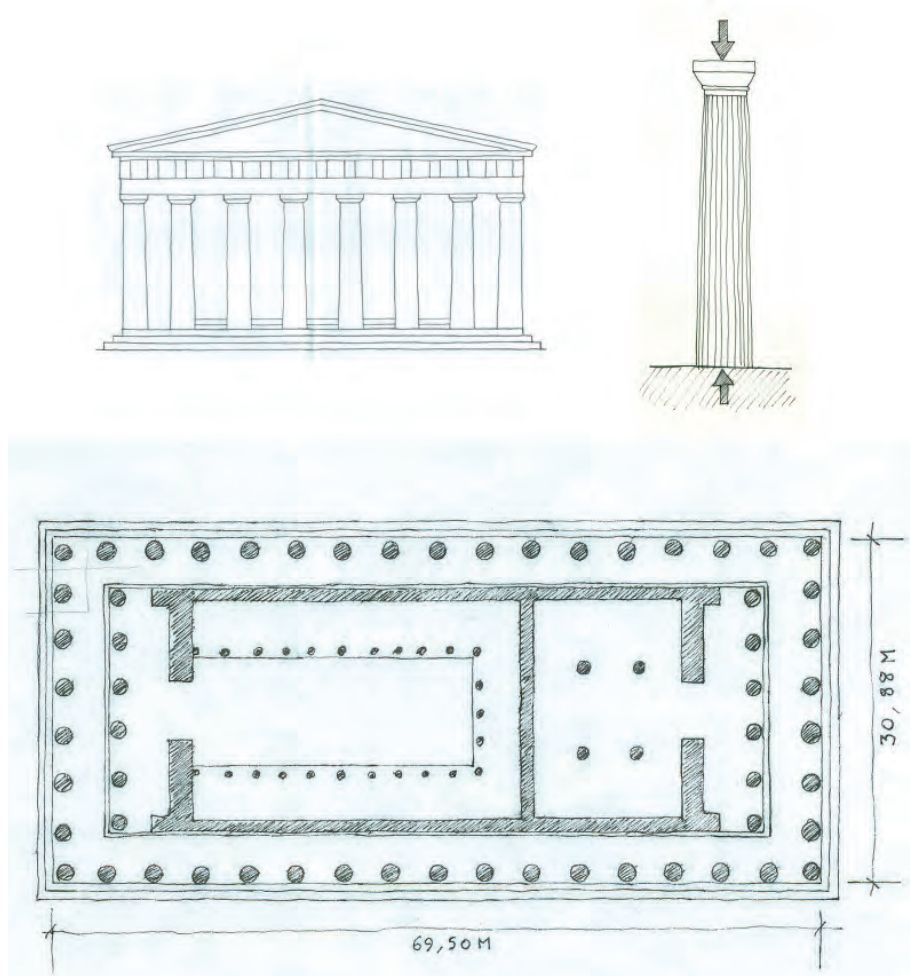
### III.1 ESTRUCTURAS A LA VISTA: PARTENÓN + SAINTE CHAPELLE



### III.1.1. LA ESTRUCTURA DE LA GRECIA CLÁSICA: EL PARTENÓN

Dice Viollet le Duc en sus *Conversaciones* que “la arquitectura griega es como un cuerpo desnudo, cuyas formas visibles están claramente relacionadas con la estructura”.<sup>1</sup> De hecho, en el Neoclasicismo, la Arquitectura de la Grecia Clásica será considerada por los racionalistas estructurales el canon de la verdad estructural que había que volver a recuperar.<sup>2</sup>

Lo que más destaca en la Arquitectura del Templo griego es el peristilo, la hilera de columnas que rodea a la nave, donde se guardaba la estatua de la divinidad con las ofrendas. Pues bien, la idea del peristilo griego parte de una libre elección del arquitecto. Que la columna, como elemento estructural, tenga la forma que tiene es algo que pertenece a la lógica de la Estructura, a su mecánica (figura III.1-02). Pero que los griegos decidieran colocar una hilera de columnas alrededor de sus templos, y que los peristilos se convirtieran en la imagen de su Arquitectura, es algo que no pertenece sólo a la lógica de la Estructura, sino al arte de la Estructura. El arquitecto no puede olvidarse de la estructura. No puede olvidar la relación entre peso y sustentación que se encuentra en la esencia misma de la arquitectura. Pero sí puede decidir cómo esa relación, cómo el diálogo de la gravedad se convierte en forma visual de su arquitectura (figura III.1-03).



1. VIOLLET LE DUC. *Conversaciones sobre la Arquitectura*. Volumen I. Consejo General de la Arquitectura Técnica de España, Madrid, 2007. Traducción de Maurici Pla. Primera Edición, París, 1863.

2. KOSTOF, Spiro. *Historia de la Arquitectura*. Volumen 3. Alianza Editorial, Cuarta Reimpresión, Madrid, 2009. Primera edición, Oxford University Press, 1985.

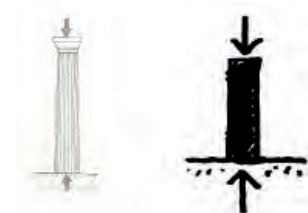


FIGURA III.1-02

El esfuerzo al que está sometido un elemento estructural se refleja en la forma de ese elemento. En el caso de la columna, su forma viene condicionada por la mecánica de la compresión. La compresión que afecta a la columna en el sentido vertical de la gravedad, que tiende a apretar la columna, establece la forma vertical de este elemento por oposición al esfuerzo al que se ve sometido. Laugier, en su *Ensayo sobre la Arquitectura*, establece que “la columna debe ser totalmente perpendicular, porque estando destinada a soportar todo el peso, es su perfecto aplomo lo que le da su máxima fuerza”. Hegel, en sus *Lecciones sobre Estética*, nos dice que “la columna no tiene otra determinación que la de sustentación, y lo que ante todo importa con este único fin es el hecho de que en relación con la carga que sobre ella descansa, produzca la impresión de conformidad a fin, y no sea ni demasiado fuerte ni demasiado débil, ni aparezca comprimida ni ascienda tan alto ni tan ligeramente como si sólo jugara con su carga”. Y Schopenhauer, en sus *Lecciones sobre metafísica de lo bello*, incide en que “la columna es la forma más simple que se encuentra lisa y llanamente determinada por el fin de sustentar”.

FIGURA III.1-03.

La columna como imagen del templo griego. Dibujo del Autor.

3.  
KOSTOF, Spiro. *Historia de la Arquitectura*. Volumen 1. Alianza Editorial, Cuarta Reimpresión, Madrid, 2009. Primera edición, Oxford University Press, 1985.

Con el peristilo, el arquitecto griego lleva la estructura a la fachada. Decide convertir la columna en imagen visual de su arquitectura, eleva la estructura a la categoría de arte. Un arte expresivo. Tan importante era el peristilo que, según nos dice Spiro Kostoff<sup>3</sup>, incluso se construía éste antes que la cella. Y es que la pantalla de columnas era lo que más importaba para la expresión del programa religioso. De hecho, el trato diario con la divinidad tenía lugar al aire libre, no en la cella. El templo estaba concebido fundamentalmente como una presencia exterior. No era un espacio interior al que entraban los fieles.

4.  
VIOLLET LE DUC. *Conversaciones sobre la Arquitectura*. Volumen I. Consejo General de la Arquitectura Técnica de España, Madrid, 2007. Traducción de Maurici Pla. Primera Edición, París, 1863.

La composición del peristilo es muy sencilla. Por un lado, la línea horizontal del arquitrabe, situado a varios metros del suelo, que descansa sobre la hilera de columnas verticales. Y en paralelo al arquitrabe, la línea horizontal del podio sobre el que apoyan las columnas. En la cabeza de las columnas el capitel, el elemento de transición entre el arquitrabe y la columna. A continuación el cuerpo de la columna, el fuste, con sus acanaladuras verticales y el ligero ensanchamiento de su sección, próximo a la base, que conocemos por éntasis (la expresión de cómo la columna entra en carga y se hincha por el peso). Y por último la basa, el elemento de transición entre la columna y el podio. Como dice Viollet le Duc: *“el arquitecto griego quiere mostrar a los ojos de todo el mundo que las distintas partes de su monumento cumplen una función útil y necesaria. No le basta que su monumento sea sólido, quiere que además lo parezca”*.<sup>4</sup>

5.  
HEGEL. *Lecciones sobre la Estética. Tercera Parte, Primera Sección, La Arquitectura*. Ediciones Akal, Madrid, 2007. Primera edición 1818.

Hegel también apoya esta idea cuando nos dice que lo peculiar de la arquitectura griega es que configura el sustentar como tal: *“En la arquitectura griega lo característico y desarrollado es la columna y el arquitrabe que horizontalmente descansa sobre ella. Aquí ha de hablarse de un descansar y sustentar”*.<sup>5</sup>

6.  
VITRUVIO. *Los diez libros de Arquitectura*. Editorial Iberia, 10ª edición, Barcelona, 2007. Traducción de Agustín Blánquez. Primera edición siglo I a.C.

Y es que la arquitectura del templo griego es una arquitectura de la columna elevada a la condición de arte. Según leemos en *Los Diez Libros de Arquitectura* de Vitruvio,<sup>6</sup> el arquitecto griego lleva la estructura a la fachada, deja la estructura a la vista y establece un vocabulario de formas ligadas a la columna, de manera que las partes de que se componen los edificios sagrados habían de tener exacta correspondencia de dimensiones entre cada una de sus partes y su total magnitud. Así, según la configuración del peristilo, tenemos el templo in antis, el templo próstilo, el templo anfipróstilo, el templo períptero, el templo pseudodíptero, el templo díptero y el templo hípetro (figura III.1-04).

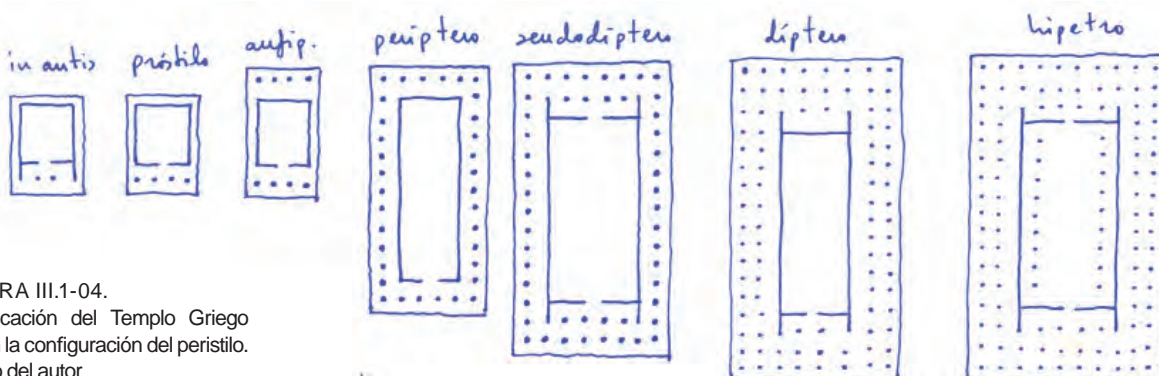


FIGURA III.1-04.  
Clasificación del Templo Griego según la configuración del peristilo. Dibujo del autor

Pero no se trata de diferentes estructuras, sino de variaciones formales, evoluciones dentro de un mismo tipo de estructura (lo que tantos siglos después hará Mies van der Rohe).

También según el número de columnas en el frente tendríamos otra clasificación: el templo tetrástilo, el templo hexástilo, el templo octástilo o el templo decástilo. Además, según la proporción del intercolumnio tenemos el templo picnóstilo, en el que la altura  $h$  de la columna es 10 veces su diámetro,  $d$  y la anchura del intercolumnio,  $i$ , es 1,5 veces su diámetro; a continuación vendría el templo sístilo, con  $h = 9,5d$  e  $i = 2d$ ; el templo eústilo, en el que  $h = 8,5d$  e  $i = 2,25d$ ; el templo diástilo con  $h = 8,5d$  e  $i = 3d$  y por último el templo aeróstilo, en el que  $h = 8d$  e  $i > 3d$ . Vitruvio nos dice que el templo picnóstilo tienen una gran densidad de columnas. Que el templo sístilo tiene las columnas un poco más espaciadas. Que el templo aerostilo tienen las columnas más separadas de los debido. Y que el templo eustilo es el que guarda la más justa y proporcionada distancia entre columnas (figura III.1-05).

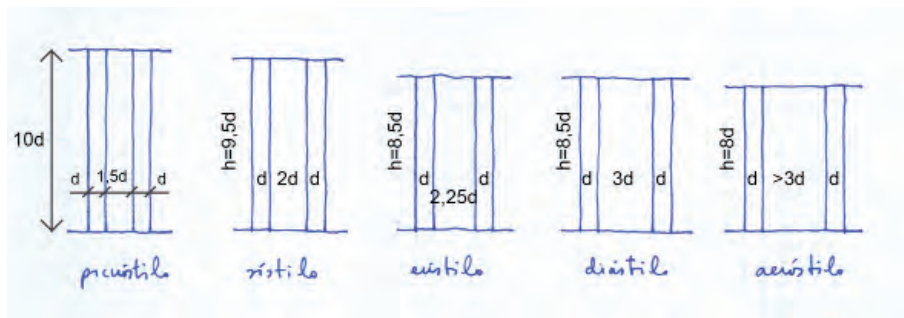


FIGURA III.1-05. Clasificación del Templo Griego según la proporción del intercolumnio. Dibujo del autor

Y por último, la más universal de las clasificaciones, la que se ha extendido incluso hasta nuestro tiempo, la división entre orden dórico, jónico y corintio. Es también una distinción ligada a la columna, a su arquitrabe, la viga, y a sus distintas proporciones. Las proporciones del orden dórico son más robustas. Mientras que las proporciones del orden jónico y las del orden corintio, en este orden, son más esbeltas y delgadas (figura III.1-06).

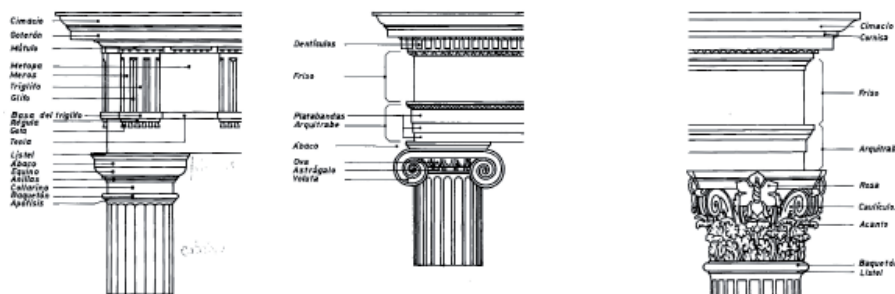


FIGURA III.1-06. Clasificación del Templo Griego según el orden. Fuente: LAJO, Rosina y SURROCA, José. Léxico de arte. Ed. Akal, Madrid, 2001

Los arquitectos de la Grecia clásica establecieron un vocabulario arquitectónico basado en la columna. Y lo que nos muestran estas clasificaciones: según la disposición del peristilo, según el número de columnas, según la proporción del intercolumnio y según el orden, es la riqueza de un vocabulario que en el fondo funciona con muy pocos elementos. Que es capaz de dar múltiples soluciones sin ser ninguna

copia de la anterior. Que es capaz de evolucionar. Y que es capaz de transmitirse. Cuando un arquitecto era conocedor de esta clasificación, de estas proporciones, era capaz de proyectar y poner en pie con seguridad un nuevo templo. Como muchos de los prontuarios que hoy día manejamos, este vocabulario del Templo Griego se convertía en una regla que aseguraba el correcto funcionamiento de esta estructura. Y esta regla, basada en la razón y en la experiencia, tuvo una validez de varios siglos.

Pero esta manera de entender el Lenguaje de la Estructura como un vocabulario es propia de una época histórica concreta y no es aplicable en la actualidad.

Hay aspectos de la estructura del templo griego bastante sorprendentes, si los estudiamos desde la perspectiva de la ciencia de las estructuras actual. Así por ejemplo, si estudiamos la ley de momentos de una viga del arquitrabe del Partenón vemos que el punto de momento cero coincide prácticamente con el borde exterior del capitel. Es como si la columna acompañara a la viga en la zona de momentos negativos, y la dejara libre en la zona de momentos positivos (figuras III.1-07 a III.1-10).

Madrid, 3 de marzo de 2013

Mármol blanco del Pentélico (densidad  $2800 \text{ Kg/m}^3$ )

Techos de madera (pino: densidad  $680 \text{ Kg/m}^3$ )

Tejas de mármol blanco



- Peso aproximado de la columna, incluyendo capitel.

Diámetro imoscapo = 1,886 metros

Altura, incluyendo capitel = 10,433 metros.

Nota: consideramos la columna un cilindro recto, de base el imoscapo, y compensamos la disminución del diámetro de la columna con el peso del capitel. Siempre estemos del lado de la seguridad

Volumen de cilindro recto:  $\pi R^2 h = \frac{\pi D^2}{4} \cdot h$

$$V = \pi \cdot \frac{1,886^2 \text{ m}^2}{4} \cdot 10,433 \text{ m} = 29,15 \text{ m}^3$$

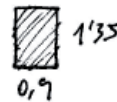
Densidad del mármol =  $2800 \text{ Kg/m}^3$

$$\text{Peso} = V \times \text{densidad} = 29,15 \text{ m}^3 \times 2800 \text{ Kg/m}^3 = 81620 \text{ Kg} = 81,62 \text{ ton.}$$

- Peso del Arquitrabe.

Área del arquitrabe según la sección de Hellmann  $\rightarrow 7,25 \text{ m}^2$

Viga del arquitrabe: aprox  $90 \times 135 \text{ cm}$



Intercolumnio: 4,2945

FIGURA III.1-07.

Cálculo del peso de la columna del Partenón. Dibujo del autor. Consideramos una densidad del mármol de  $2800 \text{ kg/m}^3$ . El diámetro de columna es 1,886 metros en el imoscapo (la parte inferior del fuste). Y la altura de la columna, incluyendo el capitel, 10,433 metros. El peso de una columna tipo es aprox. 80 toneladas. Las dimensiones se han sacado del levantamiento de Luis Moya Blanco. Fuente: MOYA BLANCO, Luis. *Relación de diversas hipótesis sobre las proporciones del Partenón*. Boletín de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, nº52, Madrid, 1981.

Peso de una viga de madera de  $15 \times 25$  cm.

$$0,15 \times 0,25 \times l = 0,0375 \times l \text{ m}^3$$

$$\text{densidad de la madera de pino} = 0,68 \text{ t/m}^3$$

$$\text{Peso} = 0,0375 \times l \text{ m}^3 \times 0,68 \text{ t/m}^3 = 0,025 \text{ toneladas} \times \text{metros}$$

El peso de la cubierta y del artesonado es despreciable en comparación con el peso de la piedra.

Podemos aproximar pues el peso del arquitrabe a 90 toneladas e incluirnos aquí el peso de la cubierta

3,297

Altura de arquitrabe: ~~3,927~~ metros

Espesor de arquitrabe: 1,8 metros

$$25,5 \text{ m}^3 \approx 26 \text{ m}^3$$

Volumen aprox arquitrabe: ~~4~~  $\times 1,8 \times 4,3$  (intercolumnio) = ~~31~~  $\text{m}^3$

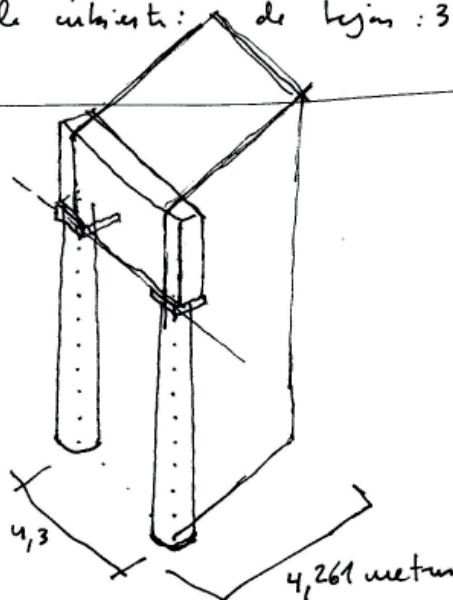
26  $\times 2,8$  tone. = 72,8 tone.

$$3 \text{ m}^3 \times 2,8 \text{ t/m}^3 = 8,4 \text{ toneladas} \approx 90 \text{ toneladas}$$

Conclusión:  $\rightarrow$  Peso de la columna: 80 toneladas

$\rightarrow$  Peso del arquitrabe: ~~90~~ <sup>75</sup> toneladas (incluye cubierta)

$\rightarrow$  Peso de la cubierta: de tejas: 3 t



$$\text{Vol de tejas: } 4,3 \times \frac{4,3}{2} \times 0,1 = 0,92 \text{ m}^3 \approx 1 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ m}^3 \times 2,8 \text{ t/m}^3 \approx \frac{2}{3} \text{ t}$$

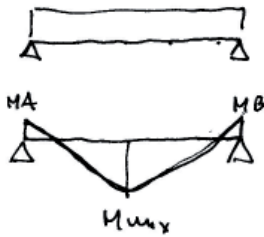
2

FIGURA III.1-08.

Cálculo del peso del arquitrabe del Partenón. Dibujo del autor. La altura del arquitrabe es 3,297 metros. El espesor 1,8 metros. El intercolumnio en la zona central del peristilo 4,3 metros. El peso aproximado del arquitrabe es 75 toneladas. A esto hemos añadido el peso correspondiente a la cubierta, aproximadamente 3 toneladas. Las dimensiones se han obtenido del levantamiento de Luis Moya Blanco, y de la sección de Hellmann. Fuente: MOYA BLANCO, Luis. Relación de diversas hipótesis sobre las proporciones del Partenón. RABASF, nº52, Madrid, 1981. HELLMANN, Marie Christine. *L'architecture grecque*. Picard, Paris, 2002

Condición de validez.

Consideración de viga biempotrada.



$$q = 8,84 \text{ t/m}$$

$$M_A = M_B = -\frac{ql^2}{12} = \frac{8,84 \cdot 4,3^2 \text{ m}^2}{12} = 13,6 \text{ mT}$$

$$M_{\text{centro}} = \frac{ql^2}{24} = \frac{8,84 \cdot 4,3^2 \text{ m}^2}{24} = 6,81 \text{ mT}$$

Momento cero : en  $x = 0,21L = 0,21 \times 4,3 = 0,9$

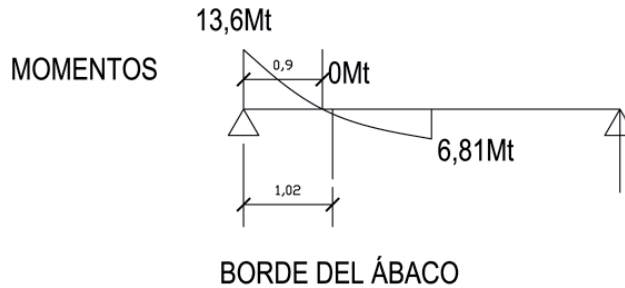
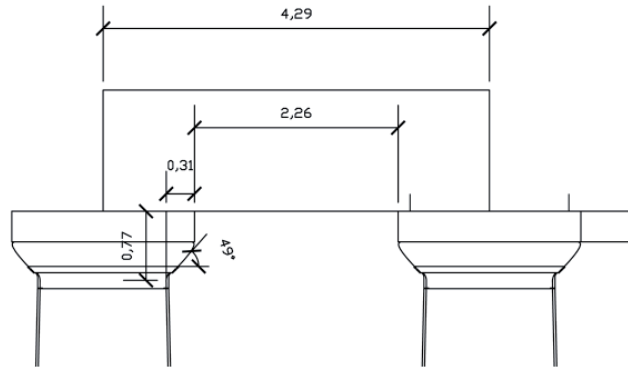
que coincide prácticamente con el borde del ábaco.

FIGURA III.1-09.

Ley de momentos de una viga del Partenón con la consideración de viga biempotrada. Dibujo del autor. Las solicitaciones las hemos calculado con las siguientes consideraciones. (1) Hemos considerado los pesos propios obtenidos con anterioridad sin mayorar. (2) Tal y como muestra el dibujo de Hellmann (figura II.16) el arquitrabe se dividía en una doble viga, una hacia el exterior, otra hacia el interior. El peso del arquitrabe descansa entonces en dos vigas, y lo hemos dividido entre dos. De esta manera, la carga continua a la que está sometida la viga es  $q=8,84 \text{ t/m}$ . El momento en los extremos es  $-q \cdot l^2/12$ . El momento en el centro es  $q \cdot l^2/24$ . El momento cero está en  $x=0,21 \cdot l$ , que coincide prácticamente con el borde del ábaco, según vemos en la figura siguiente.

FIGURA III.1-10.

Conclusión. El punto de momento cero coincide aproximadamente con el borde del ábaco. El borde del ábaco está a 1,02 metros del eje de la columna. El punto de momento cero está a 0,9 metros del eje de la columna. Intuitivamente, el arquitecto griego acompaña con el ábaco la parte de la viga que está con momentos negativos. Dibujo del autor



7. VVAA. *Números gordos en el proyecto de estructuras*. Cinter divulgación técnica, 8ª edición, Madrid, 2006.

También vemos que el capitel griego, que no deja de ser una ménsula en voladizo, cumple con la condición geométrica de ménsula corta típica de una estructura de hormigón armado (figura III.1-11 y III.1-12). Es decir, intuitivamente, los griegos cumplen en el Partenón una condición geométrica que hoy se exige cuando un pilar de hormigón armado incluye una ménsula corta sobre la que apoya una viga.<sup>7</sup>

Condición de ménsula corta:

$$d > 1,7a$$

En capitel dórico:  $d = 0,77$   $a = 0,31$  Se cumple.



FIGURA III.1-12.

Pilar y ménsula corta de hormigón. Viaducto de quince ojos, Ciudad Universitaria de Madrid. Eduardo Torroja, 1933.

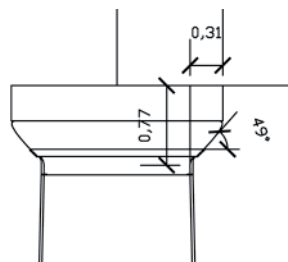


FIGURA III.1-11.

Condición geométrica de ménsula corta de hormigón armado aplicada a las dimensiones geométricas del capitel dórico. La condición de ménsula corta es que el canto "d" debe ser mayor que 1,7 veces el vuelo "a". (Fuente: VVAA. *Números gordos en el proyecto de estructuras*. Cinter divulgación técnica, 8ª edición, Madrid, 2006. La condición que aquí se establece está basada en la condición geométrica prescrita en la EHE, *Instrucción de Hormigón Estructural*). En el caso del capitel del Partenón, según el dibujo adjunto,  $d=0,77$  y  $a=0,31$ , por lo que  $d=2,48 \cdot a$ , y cumple sobradamente este requisito.

En este sentido, entendemos muy bien la evolución del perfil del capitel griego, como bien muestran los dibujos de Choisy (figura III.1-13) y de Viollet le Duc (figura III.1-14). Con el tiempo, el vuelo del capitel se fue reduciendo. Y el capitel se hizo más resistente.

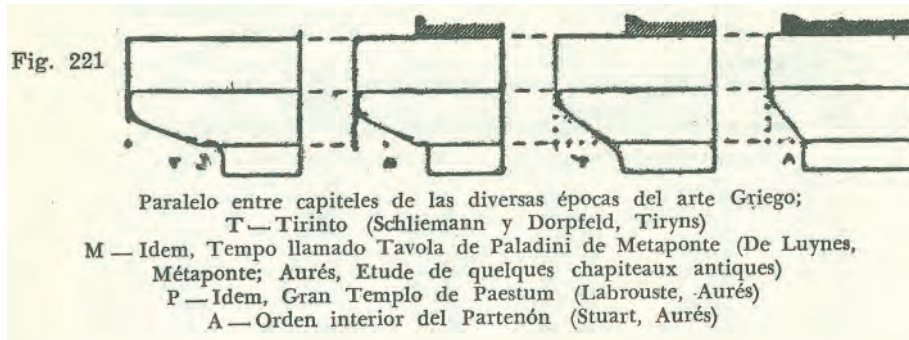


FIGURA III.1-13.

Evolución del voladizo del capitel del Templo Griego.

Fuente: CHOISY, Auguste. *Historia de la Arquitectura*. Editorial Victor Leru, Buenos Aires, 1974.

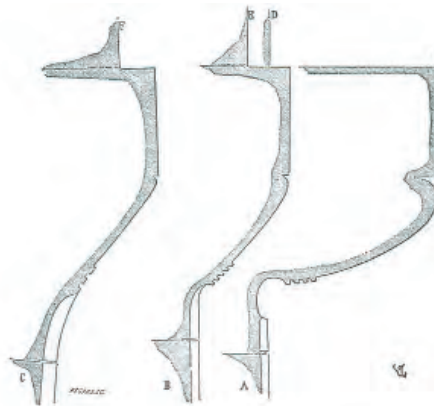


FIGURA III.1-14.

Evolución del voladizo del capitel del Templo Griego.

Fuente: VIOLLET LE DUC. *Conversaciones sobre la Arquitectura*. Volumen I. Consejo General de la Arquitectura Técnica de España, Madrid, 2007. Traducción de Maurici Pla. Primera Ed., París, 1863.

También podemos determinar que la estructura del Partenón tiene una capacidad resistente mucho mayor que las solicitaciones a las que está sometida.

Por ejemplo, las columnas del Partenón, con una superficie en su base de aproximadamente 2,8 m<sup>2</sup>, tienen una resistencia enorme si consideramos la resistencia a compresión del mármol que establece nuestra Norma Tecnológica de la Edificación,<sup>8</sup> unos 500 kg/cm<sup>2</sup> (que vienen a ser unas 5000 T/m<sup>2</sup>), o si consideramos la tabla de resistencia de materiales de Winkler,<sup>9</sup> que determina para el mármol una resistencia aproximada a la compresión entre 700 y 2500 T/m<sup>2</sup>. Teniendo en cuenta que el peso de una columna del Partenón viene a ser unas 80T, y que el peso del arquitebe que sostiene viene a ser unas 75 toneladas, concluimos que el coeficiente de seguridad entre lo que resiste teóricamente la estructura y las cargas que realmente recibe en la práctica es enorme.

La carga en la base de la columna sería de 155 toneladas. La resistencia de la columna estaría comprendida entre las 1960 toneladas (para una consideración de resistencia de 700 T/m<sup>2</sup>), y las 14000 toneladas (para una consideración de resistencia de 5000 T/m<sup>2</sup>). Es decir, entre 12 y 90 veces el esfuerzo al que se ve sometida (figura III.1-15). Y el mismo sobredimensionado encontraríamos en las vigas del Partenón (figura III.1-16).

8.

VVAA. *Norma Tecnológica de la Edificación. Estructuras*. Ministerio de Fomento, 1998

9.

Propiedades de las rocas de construcción y ornamentación. Universidad de Granada. <http://www.ugr.es/~agcasco/personal/restauracion/teoria/TEMA05.html>

FIGURA III.1-15.

Capacidad resistente de una columna del Partenón. Dibujo del autor. El área del imoscapo = 2,8 m<sup>2</sup> la obtenemos del levantamiento de Luis Moya Blanco. La resistencia del mármol la obtenemos de la NTE Estructuras = 500 kg/cm<sup>2</sup> = 5000 T/m<sup>2</sup>. La carga que soporta la columna es 155 toneladas, incluyendo el peso del arquitrabe, la cubierta y el peso propio de la columna. La resistencia de la columna (5000 t/m<sup>2</sup> \* 2,8 m<sup>2</sup>) es muy superior a la carga que recibe.

Capacidad resistente de la columna en su base

Diámetro = 1,886



$$\text{Área del imoscapo} = \pi R^2 = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi \cdot 1,886^2}{4}$$

$$\text{Área imoscapo} = 2,8 \text{ m}^2$$

Resistencia a compresión del mármol según NTE = 500 kg/cm<sup>2</sup>

$$0,5 \text{ T/cm}^2 \cdot \frac{100^2 \text{ cm}^2}{1^2 \text{ m}^2} = 0,5 \cdot 10000 \frac{\text{T}}{\text{m}^2} = 5000 \text{ T/m}^2$$

La columna resiste mucho más de lo que se le pide a la que está solicitada

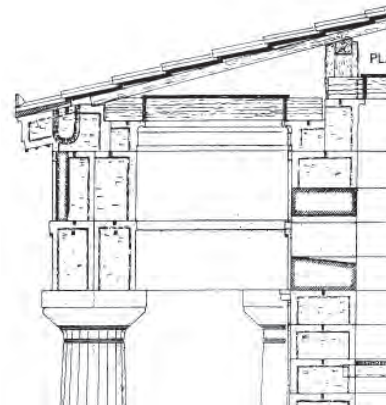
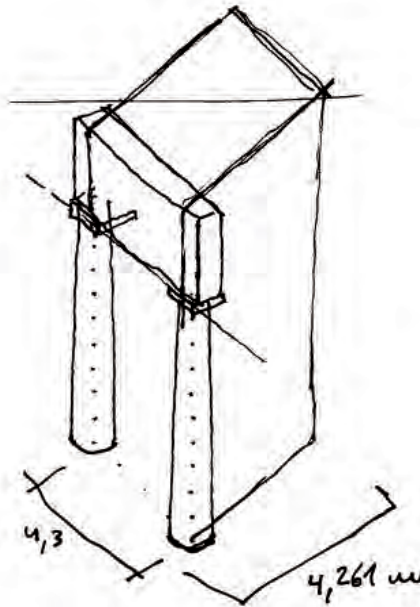


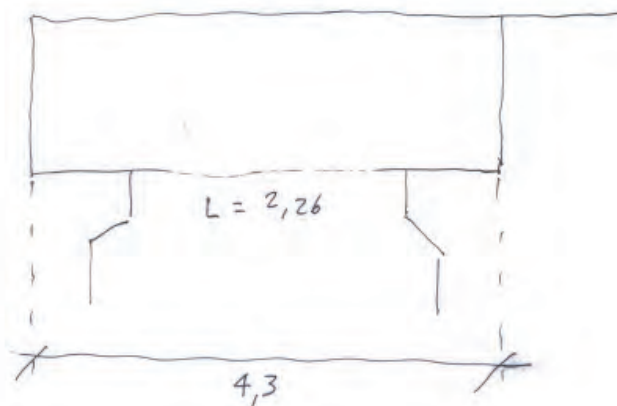
FIGURA III.1-17. Fuente: HELLMANN, M. C. L'architecture grecque. Picard, Paris, 2002

FIGURA III.1-16. (página siguiente)

Capacidad resistente de una viga del Partenón. Dibujo del autor. Hemos considerado para el cálculo la sección constructiva de Hellman en la que se ve cómo el arquitrabe está descompuesto en cuatro vigas (figura III.1-17). Los momentos flectores más desfavorables los tendríamos en el centro de la sección, 6,81 mT, y en el apoyo de la viga en la columna, 13,6 mT. Podemos considerar que se trata de vigas empotradas pues el peso del arquitrabe sobre la viga inferior impide su movimiento. Si consideráramos la opción de viga apoyada, se reduciría la luz de cálculo a 2,26 metros, y el momento flector de cálculo sería 5,64 mT, por tanto la consideración de viga empotrada, en este caso, es la más desfavorable.

El módulo resistente de la viga del arquitrabe es  $b \cdot h^2 / 2 = 1,64 \text{ m}^3$  (0,41 m<sup>3</sup> si consideramos sólo a la viga inferior del arquitrabe). El módulo resistente de cálculo se obtiene de dividir el momento de cálculo (6,81 mT) por su capacidad resistente. En el caso del mármol, la resistencia a tracción por flexión es 60 kg/m<sup>2</sup>, según NTE Estructuras. La conclusión es que el módulo de resistencia de la viga del Partenón, es muy superior al módulo exigido por el cálculo (0,012 m<sup>3</sup> para el momento en el centro del vano; 0,023 m<sup>3</sup> para los momentos en los apoyos). Fuente: BERMEJO POLO, Juan. *Formulario práctico de la construcción*. CIE Inversiones Editoriales Dossat, Madrid, 2006

## CÁLCULO DE LA VIGA DEL PARTENÓN



Momento de cálculo:  $6,81 \text{ Mt}$ , en el centro del vano

$$\text{Módulo de resistencia } W_x = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{0,9 \cdot 3,3^2}{6} = 1,64 \text{ m}^3$$

Resistencia a tracción por flexión del material según NTE

$60 \text{ kg/cm}^2$

$$\frac{60 \text{ kg}}{\text{cm}^2} \cdot \frac{100^2 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2} \cdot \frac{1 \text{ T}}{1000 \text{ kg}} = 600 \frac{\text{T}}{\text{m}^2}$$

$$W_x \text{ de cálculo} = \frac{M_t}{R_T} = \frac{6,81 \text{ m} \cdot \text{T}}{600 \text{ T/m}^2} = 0,012 \text{ m}^3$$

El módulo de resistencia de la viga del Partenón,  $1,64 \text{ m}^3$  es muy superior al exigido por el cálculo,  $0,012 \text{ m}^3$ .

Incluso si consideramos el momento negativo del cálculo,  $13,6 \text{ Mt}$ , estaríamos por encima.

$$W_x^2 = \frac{13,6 \text{ m} \cdot \text{T}}{600 \text{ T/m}^2} = 0,023 < 1,64$$

Y si consideramos que sólo trabaja la viga inferior del arquitebo



$$W_x^3 = \frac{0,9 \cdot 1,65^2}{6} = 0,41 \text{ m}^3 > 0,023$$

En el caso más desfavorable tenemos una viga 18 veces más resistente a la que exige el esfuerzo.

10.  
VIOLLET LE DUC.  
*Conversaciones sobre la Arquitectura*. Volumen I. Consejo General de la Arquitectura Técnica de España, Madrid, 2007. Traducción de Maurici Pla. Primera Ed., París, 1863.

11.  
HEGEL. *Lecciones sobre la Estética. Tercera Parte, Primera Sección, La Arquitectura*. Ediciones Akal, Madrid, 2007. Primera edición 1818.

12.  
KOSTOF, Spiro. *Historia de la Arquitectura*. Volumen 1. Alianza Editorial, Cuarta Reimpresión, Madrid, 2009. Primera edición, Oxford University Press, 1985.

13.  
VITRUVIO. *Los diez libros de Arquitectura*. Editorial Iberia, 10ª edición, Barcelona, 2007. Traducción de Agustín Blánquez. Primera edición siglo I a.C.

Aquí nos gustaría ir más allá de lo que dicen Viollet le Duc<sup>10</sup> o Hegel<sup>11</sup>, cuando afirman que la arquitectura griega configura el sustentar, y lo convierte en lenguaje. Y quisiéramos defender que lo que hace el arquitecto griego es elevar el Sustentar a la categoría de Arte. Cuando algo se eleva a la categoría de arte, ya no es sólo una cuestión de razón, o de lógica constructiva. Hay algo más. Y hay varias razones que nos conducen a pensar que esta idea se cumple aquí. No toda la configuración del templo griego responde solamente a la pura lógica de la estructura, a la pura razón constructiva, sino que hay algo más. Y hay varios argumentos que apoyan esta idea.

1. En primer lugar, los cálculos realizados nos demuestran que la estructura del templo griego está sobredimensionada. Su capacidad resistente es muy superior a los esfuerzos a los que se ve sometida. Probablemente ese sobredimensionado es una de las razones de que muchos templos griegos hayan perdurado hasta nuestros días.

2. En segundo lugar, los templos griegos no eran como hoy los vemos, estructuras desnudas. En muchas ocasiones el juego entre lo sustentante y lo decorativo se realizaba por medio del color, como bien podemos leer en Spiro Kostoff.<sup>12</sup> A veces la columnata y el arquitrabe se recubrían con una capa de estuco para cubrir la textura áspera de la piedra. O incluso se enceraban las columnas para que relucieran bajo la fuerte luz. Y el friso, que no tenía consideración estructural se pintaba alegremente: azul para los triglifos y rojo para el fondo en las metopas, sobre las que se colocaban escenas en relieve.

3. En tercer lugar están las correcciones ópticas, que tienen más relación con la apariencia del conjunto que con la mecánica de la estructura. Hay muchas correcciones ópticas, como bien sabemos. Destacaremos sólo algunas.

a) Las columnas de las esquinas tienen su diámetro una quincuagésima parte mayor que el de las otras, porque estando a plena luz y al aire libre, parecerán a la vista más delgadas. Y para corregir ese defecto se aumenta ligeramente su diámetro.

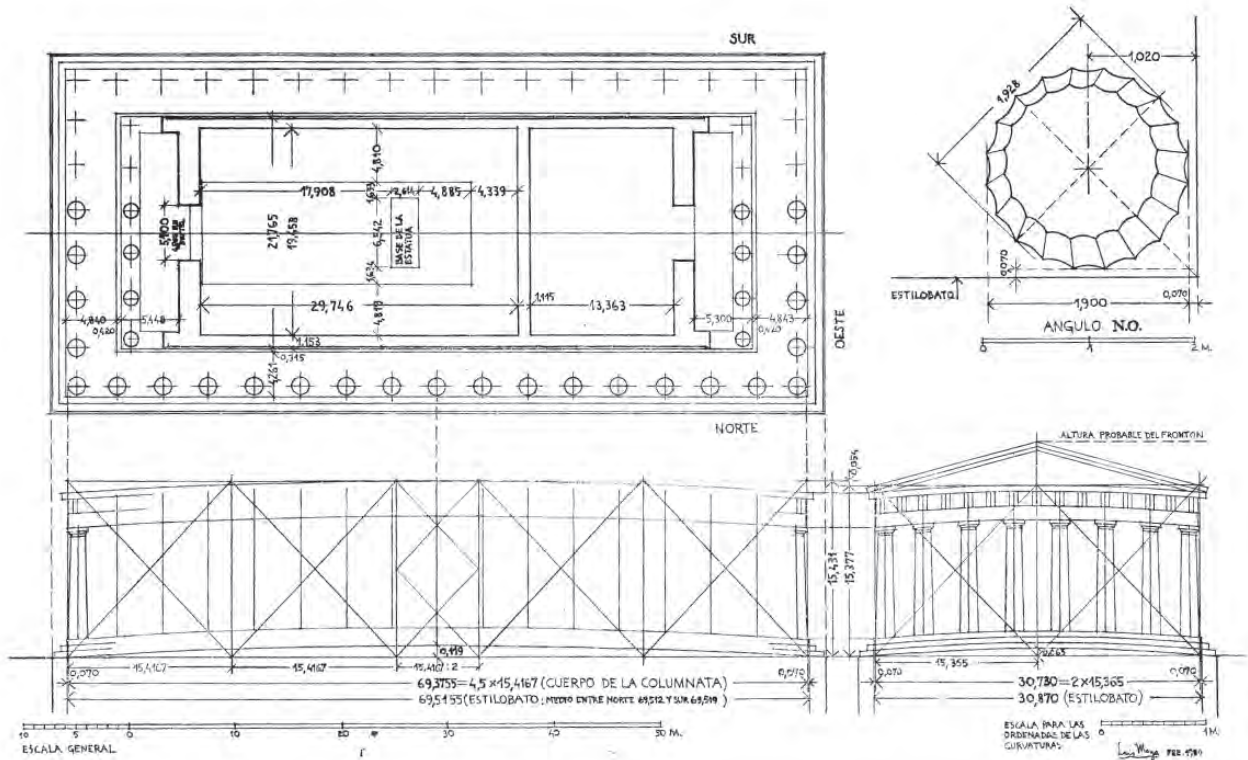
b) El éntasis. Las columnas, por su gran altura, engañan la vista del que mira de abajo hacia arriba, y convenía rectificar este error aumentando el grueso de las columnas. Y este abultamiento es el éntasis.

c) La corrección del podio. Para evitar dar la sensación de hundimiento, el podio en vez de estrictamente horizontal, se curva levemente, apoyando las columnas en plintos de distinta altura, más bajos en las esquinas, y más altos en el centro. Esta corrección se hace extensible al arquitrabe, que tampoco es estrictamente horizontal, sino poligonal (figura II.17, parte inferior).

d) La disminución de las columnas en el sumoscapo, el diámetro de la parte superior de la columna. Vitruvio da razón de cómo ha de hacerse esta disminución. Cuanto más alta es la columna menor es en proporción la reducción.<sup>13</sup>

e) Las columnas intermedias se colocan a plomo. Pero según Vitruvio, las de los ángulos deben estar dispuestas de modo que sus partes interiores tengan su flanco completamente a plomo; y sus partes exteriores, ligeramente inclinadas hacia dentro (figura III.1-18, parte superior derecha)

FIGURA III.1-18.  
Fuente: MOYA BLANCO, Luis. *Relación de diversas hipótesis sobre las proporciones del Partenón*. Boletín de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, nº52, Madrid, 1981.



4. En cuarto lugar está la mecánica de la piedra. Como bien nos recuerda Manterola en *La Estructura y la Forma*<sup>14</sup> no es precisamente lo más adecuado el emplear una viga de piedra para resolver un dintel, pues la piedra tiene muy poca resistencia a flexión.

14. MANTEROLA ARMISÉN, Javier. *Relación entre la Estructura resistente y la Forma*. Discurso de ingreso en la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, Editorial Biblioteca Nueva, Madrid, 2006.

5. En quinto lugar está el argumento del falso vuelo del capitel. Según un dibujo de Auguste Choisy, se hacía un vaciado en el apoyo del arquitrabe sobre la columna, entre la saliente del ábaco y el arquitrabe, con lo que el vuelo del ábaco carecería de función a efectos de sustentación (figura III.1-19).

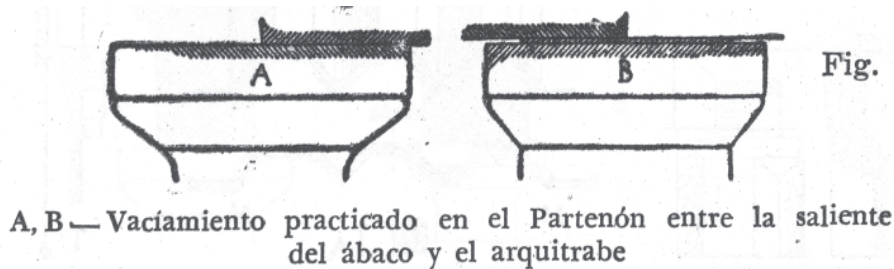


FIGURA III.1-19.  
Vaciado del arquitrabe del Partenón en la zona de apoyo para evitar cargar el ábaco. Fuente: CHOISY, Auguste. *Historia de la Arquitectura*. Editorial Victor Leru, Buenos Aires, 1974.

A, B — Vaciamiento practicado en el Partenón entre la saliente del ábaco y el arquitrabe

15.  
MATERIALIDAD vs  
DESMATERIALIZACIÓN.

La materialidad es la cualidad de lo material. La desmaterialización es la disolución de lo material. Si una estructura es capaz de resistir la acción de una fuerza sin ser vencida, es debido a la resistencia de sus materiales. A su rigidez, su tenacidad, su solidez, su dureza. Y esa cualidad de la materia puede quedar expresada en la estructura, o por el contrario, silenciada. Así, frente a esas estructuras que nos muestran la cualidad de sus materiales, nos encontramos esas otras estructuras que quieren expresar la disolución de la materia.

La muralla defensiva, el castillo medieval o los contrafuertes de una catedral gótica son buenos ejemplos de arquitecturas que expresan su materialidad. En los tres casos manda la austera y racional construcción pétreo, los aparejos bien trabados y la imagen de solidez. En estas estructuras el material queda a la vista, y si nos fijamos bien podemos leer en ellas su puesta en obra, su construcción. Pero por encima de esto lo que estamos viendo son construcciones macizas, sólidas, resistentes, duras como la piedra de la que están hechas.



FIGURA III.1-23  
Materialidad de una construcción defensiva. Castillo de la Calahorra, Granada.

Lo contrario de la materialidad es la desmaterialización. La búsqueda de la disolución de la materia. El efecto de que la dureza del material se convierte en blandura, o de que su sólida apariencia se desvanezca. El primero es un efecto fundamentalmente de geometría, es decir de forma. El segundo es un efecto de luz. Y ese efecto de desmaterialización se puede aplicar a la columna, al muro y al techo. La columna hinchada de Egipto o la columna retorcida salomónica nos dan sensación de una piedra ablandada. Lo suficientemente ablandada como para poder henchirse o retorcerse de esa manera.

6. Y el sexto argumento que vamos a emplear es el de la desmaterialización de la columna. Las acanaladuras que surcan las columnas tienen por objeto su desmaterialización,<sup>15</sup> el desdibujado de su apariencia sólida (figura III.1-20).



FIGURA III.1-20  
Efecto desmaterializador de la luz sobre las columnas del Partenón. Fotografías del autor.

Esto efecto lo podemos ver todavía con más claridad cuando comparamos una columna acanalada y una columna sin acanalar. Es lo que ocurre en el pórtico recién restaurado de la Stoa de Atalos, en Atenas (figura III.1-21). La hilera de columnas de la izquierda tiene un doble tratamiento; superficie lisa, cilíndrica en la base, y superficie acanalada en los dos tercios superiores del fuste. La hilera de columnas de la derecha tiene sus fustes con superficie lisa en toda su altura. Cuando la superficie es lisa, la luz define con solidez la forma cilíndrica. La lectura que hacemos de esta columna es la de una superficie cilíndrica continua. Sin embargo, en la superficie acanalada, la luz rompe contra la columna construyendo una secuencia de líneas verticales de luz y sombra de espesor variable. La lectura que hacemos ya no es la de una superficie cilíndrica continua, sino una multiplicación de líneas verticales que aligeran la columna y la desdibujan por efecto de la luz (figura III.1-22).

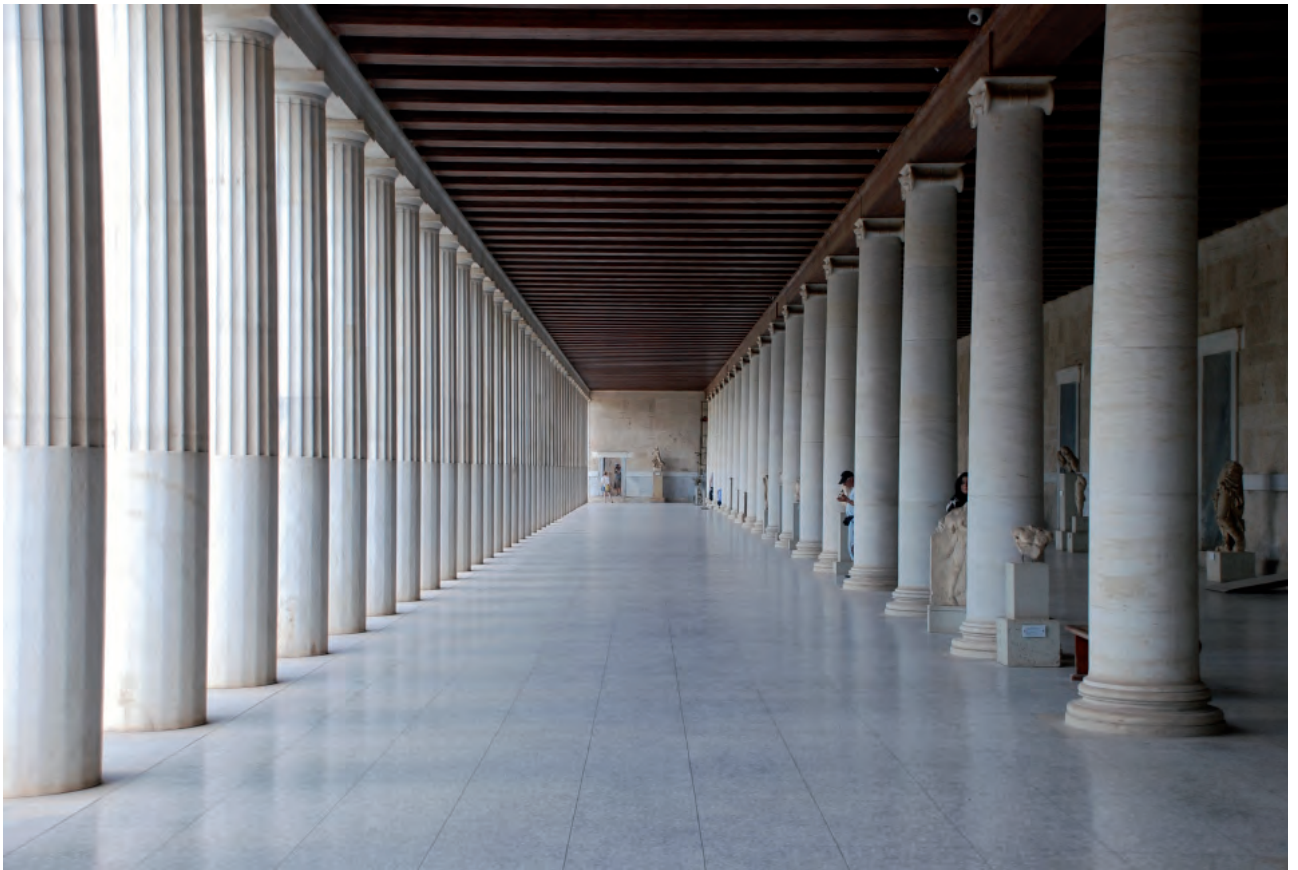


FIGURA III.1-21  
Pórtico de la Stoa de Atalos. Fotografía del autor

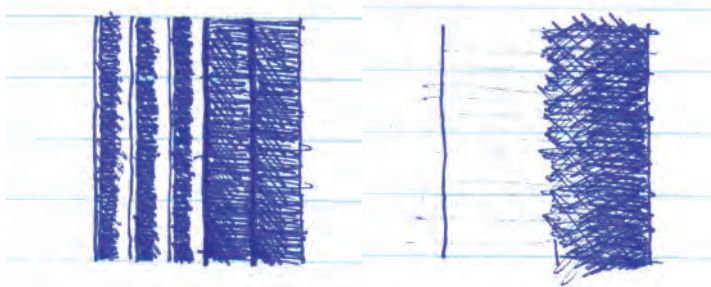


FIGURA III.1-22. Columna acanalada vs. columna de superficie continua.  
Dibujo del autor

15. (continuación)

Lejos de esta idea la robustez y rigidez de la piedra. La columna salomónica tiene basa, capitel y fuste de forma helicoidal, que da comúnmente seis vueltas y que produce un efecto de movimiento, fuerza y dramatismo. Manifiesta, frente a la columna clásica de fuste recto, la condición de arte en movimiento. La columna salomónica manifiesta un rodeo de la Gravedad a su paso por la columna. La transmisión de la carga, al menos en concepto, no tiene aquí la claridad de la columna clásica.



FIGURA III.1-24  
Columnas salomónicas en el cuadro de Giulio Romano, *La circuncisión*. Fuent.: Wikipedia.

La desmaterialización no viene a ser otra cosa que un aligeramiento visual en mayor o menor grado de la estructura. Y es que la estructura no sólo pesa físicamente, sino también visualmente.

16.

VIOLLET LE DUC. *Conversaciones sobre la Arquitectura*. Volumen I. Consejo General de la Arquitectura Técnica de España, Madrid, 2007. Traducción de Maurici Pla. Primera Edición, París, 1863.

El efecto lo describe con gran precisión Viollet le Duc:<sup>16</sup> *“las columnas le parecen demasiado planas expuestas a la luz, y demasiado blandas e indecisas en la sombra. Recorta en sentido longitudinal, en toda la altura del fuste, unas estrías rectas, luego ahueca dichas estrías y forma de ese modo unas acanaladuras lo bastante profundas como para concentrar la luz oblicua en las aristas, pero no lo suficiente como para que dichas aristas puedan ser un obstáculo y herir a las personas que pasan entre las columnas. La luz del sol, al repetir de ese modo, sobre cada fuste, una secuencia de luces y sombras longitudinales, les devuelve la importancia que habían perdido cuando sólo eran cónicas. Además, su sentimiento le dice que para hacer entender al ojo el valor que debe tomar una forma hace faltar repetir las líneas principales de dicha forma, del mismo modo que el sentimiento de un músico le dice que para hacer entender una frase principal hace falta que se repita varias veces en la melodía: ahora bien, la línea vertical de la columna tomará más importancia si dicha línea se multiplica sobre su superficie”*.

Es interesante comprobar que una arquitectura que saca la estructura a la vista de todos, lo haga a su vez buscando efectos que no tienen relación directa con la estructura o con su mecánica. Y es que, como decíamos al principio de este apartado, hay un algo más en el peristilo griego, que la sola idea de mostrar la estructura, su construcción, y acaso su mecánica. La estructura está a la vista, sí. Pero no de cualquier manera. Sino queriendo, al menos en parte, desvanecerse.

### III.1.2. LA ESTRUCTURA DEL GÓTICO: LA SAINTE CHAPELLE

La catedral gótica es un referente del racionalismo estructural,<sup>17</sup> una corriente que aboga por una arquitectura de construcción vista y explícita. El principio estructural es muy sencillo. El arco y la bóveda transforman la verticalidad de la gravedad en un esfuerzo oblicuo. Cuando un arco o una bóveda apoyan sobre unas columnas, o sobre unos muros, esos esfuerzos oblicuos se transmiten a las cabezas de esas columnas y de esos muros. Les empujan. Los arquitectos romanos, para contrarrestar los empujes de sus cúpulas y de sus bóvedas, recurrían a muros de un enorme espesor. Muros tan pesados que era imposible hacerlos volcar. Esos muros, de alguna manera, conseguían verticalizar los esfuerzos oblicuos de sus bóvedas y de sus cúpulas (figura III.1-25).

Pero los maestros constructores del gótico dieron una vuelta de tuerca a este sistema. Como bien nos explica Bill Addis,<sup>18</sup> esta estructura del hombre del medievo era posible gracias a cuatro ingenios: (1) la bóveda de arista, (2) el arbotante, (3) el contrafuerte y (4) el pináculo. Frente a la bóveda de cañón romana, que ejerce un empuje a lo largo de toda la coronación del muro en que apoya, la bóveda de arista concentra los empujes en las nervaduras, y de ahí son llevados a la cabeza de las columnas (figura III.1-26). Aquí la componente vertical de las cargas es soportada por las columnas. Y la componente horizontal de las cargas, el empuje, es llevado a la cimentación a través de los contrafuertes exteriores. Los muros de fachada no tienen aquí función estructural. Son plementerías que luego podrán abrirse y vidriarse. Y las columnas, al no soportar esfuerzos horizontales, pueden ser muy esbeltas.

El contrafuerte gótico es una materialización del camino que siguen las cargas después de haber pasado por los nervios de las bóvedas. En su forma más simple está constituido por un murete adosado al lugar de la reacción que se trata de evitar, pero cuando hay tres naves, y la central tiene más elevación que las laterales para así recibir luz directa por sus altas aberturas, los empujes de esta nave central se transmiten, a través del espacio, con arcos aislados que se lanzan sobre las naves laterales, arcos que llegan a poseer dos y hasta tres tramos. Son los arbotantes, y su función es conducir los empujes, desde las altas bóvedas, hasta los contrafuertes. El arbotante es un puente de rasante inclinada que sigue sensiblemente la alineación de la curva de las presiones. Al descargar los empujes en muros perpendiculares, la fachada propiamente dicha queda descargada, y puede aligerarse y ahuecarse sin perder estabilidad la estructura.

Por último los pináculos, con su peso propio, dan estabilidad a los contrafuertes, evitando su vuelco, y ayudan también a que el arbotante no empuje en exceso la parte superior de los contrafuertes. Los altos pináculos son sencillos pesos muertos que verticalizan el vector final de la línea de las presiones. Imaginemos que apilamos 20 o treinta libros, uno sobre otro, haciendo una columna. Es muy fácil desmoronarlo todo con un ligero golpe. Pero si aplicamos una carga vertical sobre los libros, si los apretamos, ya no será tan fácil. Esa función de apretar

17. RACIONALISMO ESTRUCTURAL. Fuente: FRAMPTON, Kenneth. *Historia crítica de la Arquitectura Moderna*. Ediciones Gustavo Gili, Barcelona, 1980.

Viollet le Duc, Gaudí en parte, Horta, Guimard y Berlage son referentes de la corriente conocida como racionalismo estructural. Sus principios están resumidos en esta frase de Viollet le Duc: *"En arquitectura hay dos maneras de que sea verdadera. Ha de ser verdadera según el programa, y verdadera según los procedimientos de construcción. Que sea verdadera según los procedimientos de construcción significa que emplee los materiales conforme a sus cualidades y a sus propiedades."*

En lugar de un estilo internacional abstracto, Viollet le Duc abogaba por un retorno a la construcción regional, desarrollando el Racionalismo estructural. Sus palabras tuvieron un gran impacto en la obra de Gaudí, Víctor Horta y Berlage. Los principios del racionalismo estructural son, en resumen:

- Emplear los materiales conforme a sus cualidades y propiedades.

- Una arquitectura de construcción vista y explícita. Que los aparejos y los métodos de ensamblaje se plasmen de un modo explícito. El ladrillo coherentemente modulado y moldeado para recibir la piedra. La piedra tallada para recibir el hierro y el vidrio. Que se marquen los puntos de transferencia de las cargas.

- Ausencia de imágenes con carga emotiva

- Ausencia de revestimientos

18. ADDIS, Bill. *3000 years of design engineering and construction*, Phaidon Press, London, 2007.

la lleva a cabo el pináculo (figura III.1-27). Vemos pues que la catedral gótica construye con mucha claridad el camino de las cargas. Y lo hace en dos direcciones, en horizontal, como bien muestra la sección, desde la bóveda hasta el contrafuerte, y en vertical, con los nervios de las bóvedas que llegan hasta la base de las columnas (figura III.1-28).

FIGURA III.1-25  
Empujes provocados por un arco y una bóveda y transmitidos a muros de gran espesor. Dibujo del autor

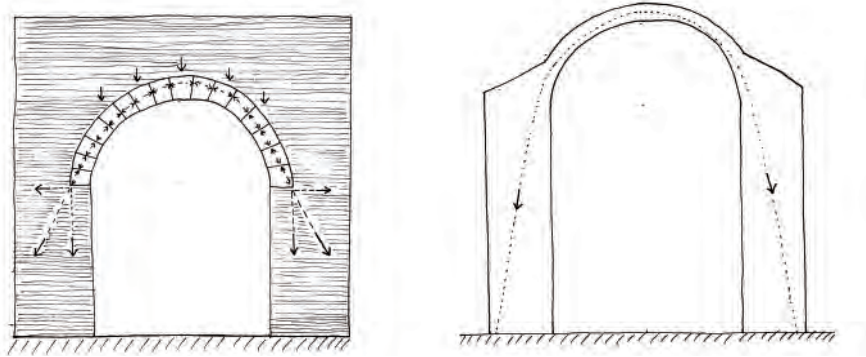


FIGURA III.1-26  
Empuje continuo de una bóveda de cañón romana frente a empujes puntuales en una bóveda de arista. Dibujo del autor

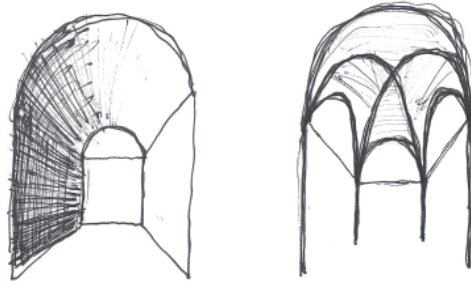


FIGURA III.1-27  
Sección de una catedral gótica de tres y cinco naves. Dibujo del autor

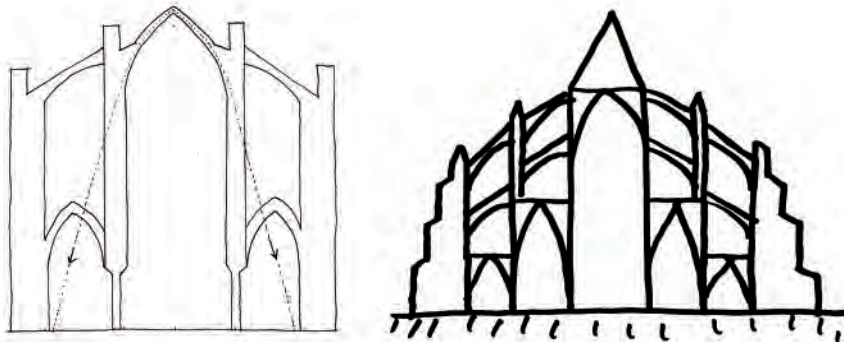
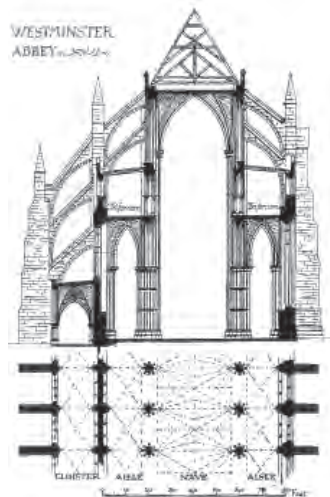


FIGURA III.1-28  
Sección y planta de la Catedral de Westminster. Las líneas de transmisión de esfuerzos están dibujadas por las nervaduras de las bóvedas que llegan hasta la base de los pilares, y en la sección transversal por los arbotantes, que transmiten los empujes desde las bóvedas a los contrafuertes exteriores.

Fuente: HEYMAN, Jaques. *El esqueleto de piedra. Mecánica de la arquitectura de fábrica*. Instituto Juan de Herrera, ETSAM Madrid, 1999.



El arquitecto gótico, como el griego, quiso que los contrafuertes se convirtieran en imagen exterior de su Arquitectura, junto con los arbotantes y los pináculos. Quiso que su estructura estuviera a la vista. Pero de una manera muy especial, que podemos entender con claridad si analizamos la Sainte Chapelle de París (figura III.1-29).

La Sainte Chapelle, atribuida al arquitecto Pierre de Montreuil, fue construida para albergar las reliquias del martirio de Jesucristo adquiridas por el rey Luis IX, San Luis de Francia. Concebida como un joyero, debía servir también como capilla real. Se divide en dos capillas, una en planta baja, para la gente común (figura III.1-30), y la principal en la planta superior, la capilla para la corte del rey (figura III.1-31). La capilla baja tiene tres naves. La capilla alta es una sólo nave de unos 10 metros de anchura y 20 metros de altura (proporción 1/2), con enormes vitrales de 4,70 metros de ancho por 15,35 metros de altura (figura III.1-32).

El contraste entre el dentro y el fuera es muy grande. El exterior es de una arquitectura muy sobria y sólida, con un basamento y unos potentes contrafuertes (figura III.1-33). El interior es una obra maestra de la traslucidez, un espacio vertical, con una luz muy especial, casi mágica, y unos finos y delicados pilares que convergen en las claves de las bóvedas (figura III.1-34). Delicadeza e ilusión espacial por dentro, frente a robustez mecánica y solidez por fuera. De hecho, para comprender la estructura de la capilla hay que verla por dentro y por fuera. No se puede entender todo de un golpe de vista. Los delicados pilares interiores no son posibles sin los contrafuertes que van por fuera. Y los potentes contrafuertes no tienen sentido sin las bóvedas que provocan los empujes y que sólo se ven por dentro. Podría decirse que se trata de una estructura de dos caras.

Muchos autores han considerado la estructura del gótico un poema de piedra a la vista. Y así es en gran parte por la precisión del ajuste de sus partes. La estructura de la Sainte Chapelle no se esconde, pero tampoco se nos muestra de un solo golpe, como bien vemos en su sección (figura III.1-35). Todo comienza en las bóvedas de crucería. Recordemos que la bóveda es un sistema que permite cubrir un espacio a costa de que sus dovelas se vayan empujando entre sí. En las bóvedas de crucería los empujes se localizan en las nervaduras. Y aquí, como en la mayoría de los edificios góticos, las nervaduras quedan a la vista y nos dicen de alguna manera, “*estamos transmitiendo los empujes*” (figura III.1-36). Las bóvedas de crucería no sólo descansan sobre los apoyos sino que los empujan. Y esta realidad mecánica no queda clara cuando nos extasiamos en el interior de este espacio traslúcido. Aquí vemos cómo los nervios de las bóvedas descansan sobre las columnas, en una transición prácticamente continua, pues los capiteles son de una delicadeza extrema (figura III.1-37). Casi se diría que el nervio se transforma en columna sin solución de continuidad. Aquí parece que las bóvedas se descomponen en finísimos hilos de piedra. Parece que estas bóvedas no pesan. Pues los potentes contrafuertes que dan sentido a este poema mecánico de la piedra están por fuera. Las paredes de vidrio traslúcido no los dejan ver. Sólo podemos adivinar que las columnillas a las que llegan los nervios de las bóvedas son el frente interior de los contrafuertes (figura III.1-38).



FIGURA III.1-29  
Sainte Chapelle, París.  
Fuente: wikipedia.



FIGURA III.1-30. Capilla baja.  
Fotografía del autor



FIGURA III.1-31. Capilla alta.  
Fuente: Sainte Chapelle



FIGURA III.1-32. Capilla alta.  
HEYMAN. *Teoría, historia y restauración de Estructuras de Fábrica*. ETSAM, 2ª Ed., 1995.

FIGURA III.1-33  
Arriba izquierda  
Imagen de los contrafuertes exteriores. Fotografía el autor



FIGURA III.1-34  
Arriba derecha  
Espacio translúcido.  
Fotografía el autor

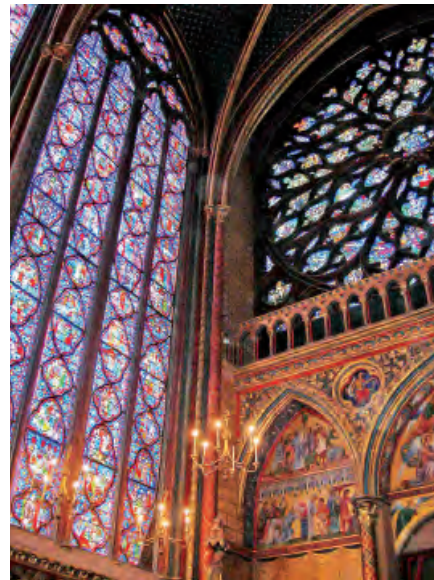


FIGURA III.1-35  
Medio, izquierda  
Sección transversal de la Sainte Chapelle que nos muestra la diferente percepción desde el interior y desde el exterior. El espacio translúcido interior vs. los potentes contrafuertes del exterior. Una estructura que no puede ser vista de una sola vez. Fuente: HEYMAN, Jaques. *El esqueleto de piedra. Mecánica de la arquitectura de fábrica*. Instituto Juan de Herrera, ETSAM Madrid, 1999. Traducción de Gema López Manzanares.

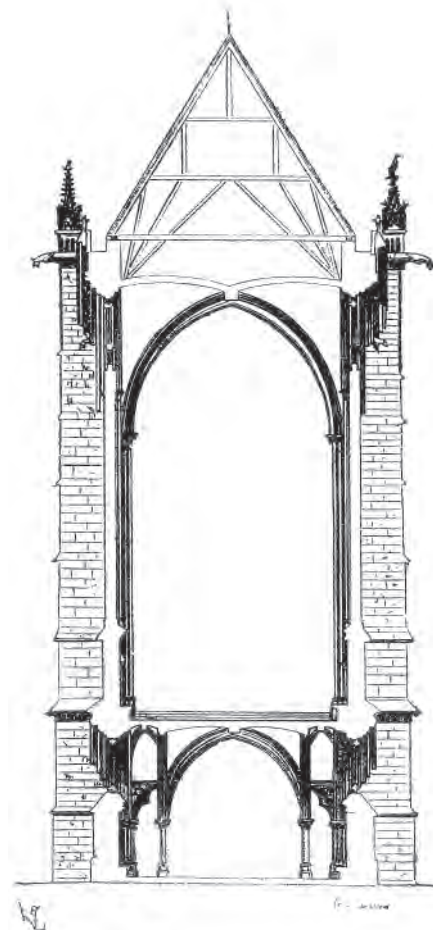


FIGURA III.1-36  
Medio, derecha  
Continuidad de las nervaduras y los pilarillos.  
Fuente: wikipedia

FIGURA III.1-37  
Medio, derecha. Detalle de transición entre nervadura y columna. Fotografía del autor

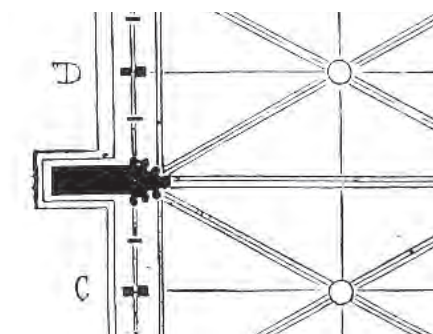
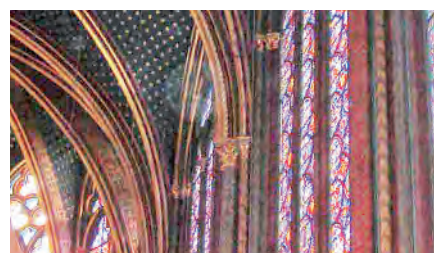


FIGURA III.1-38  
Columnilla polilobulada en el testero interior del contrafuerte.

Recordemos que esta arquitectura está hecha con el espíritu de la Escolástica, que la idea de ascensión hacia Dios está aquí presente en todas partes. Que todo apunta a la verticalidad. Y que esa idea de verticalidad está construida con una estructura que en gran parte es horizontal. La proporción del espacio es vertical, la descomposición de la piedra en finos encajes que apuntan al centro de las bóvedas acentúa la verticalidad, la descomposición de las vidrieras en esbeltas ojivas también apunta a esa idea. Pero los empujes de las bóvedas tienen una componente horizontal muy clara.

Y luego está la trasfiguración de la luz.<sup>19</sup> El espacio está realmente conformado por muros de vidrio traslúcido. La luz atraviesa las paredes, las desmaterializa. Es decir, tenemos unas bóvedas que parecen no pesar, unas columnas que en vez de sustentar parecen alzarse hacia los cielos, y unas paredes que son atravesadas por la luz. Y a la vez tenemos una de las estructuras más racionales hechas con piedra, todo trabajando a compresión, y sacando el mayor partido posible al material. Es una especie de contradicción. Como dice Victor Nieto Alcaide, la luz gótica, a través del brillo dorado de los fondos de las pinturas o por medio de la coloreada y cambiante del espacio arquitectónico, confiere a los objetos y elementos arquitectónicos una dimensión irreal, no natural, trascendida.<sup>20</sup> Ése es el interior de la Sainte Chapelle, en contraste con la sobriedad y desnudez de su imagen exterior. Es un espacio que arrebató al espíritu.

Volvemos a tener aquí un ejemplo de estructura a la vista que busca algo más. De hecho, el propio Hegel nos dice que la forma fundamental de la catedral gótica no está basada en la sustentación, sino que por el contrario esta idea se supera por el hecho de que los recintos suben y se reúnen en una punta sin la expresa diferencia entre gravitación y sustentación.<sup>21</sup> Para Hegel, la relación entre columna y bóveda góticas es muy diferente a la relación entre columna y viga. Pues en la relación entre columna y viga se dibuja la idea del apoyo. Pero en la relación entre bóveda de crucería y columna hay una tangencia, una continuidad. No está expresamente subrayada la determinación de sustentación de la bóveda aunque ésta descansa de hecho sobre los pilares.

La estructura gótica expresa el camino de las cargas. Dibuja desde las nervaduras de las bóvedas hasta la base de las columnas el camino que recorren los esfuerzos. Y también dibuja por fuera el salto de los arbotantes para llevar los empujes de las bóvedas a los contrafuertes. Pero al mismo tiempo quiere expresar, al menos en el interior, que su estructura es más ligera de lo que realmente es. Por eso los contrafuertes no se ven desde dentro. Y esa manera de trabajar nos recuerda a la del arquitecto griego, que mostraba su estructura, y mostraba cómo se construía su estructura, cómo se transmitían los esfuerzos entre unos elementos y otros, pero introduciendo también efectos visuales que van más allá de la pura idea de sustentación.

19. CAMPO BAEZA, Alberto. *Perforando las nubes*. Principia Architectonica, Maireia-UPM, Madrid, 2012

20. NIETO ALCAIDE, Víctor. *La Luz, símbolo y sistema visual. El espacio y la luz en el arte gótico y del Renacimiento*. Cuadernos de Arte Cátedra, Séptima edición, Madrid, 2006. Primera edición 1978.

21. HEGEL, *Lecciones sobre la Estética. Tercera Parte, Primera Sección, La Arquitectura*. Ediciones Akal, Madrid, 2007. Primera edición 1818.

22.  
SCHOPENHAUER, Arthur.  
*Lecciones sobre metafísica de lo bello: Sobre la Arquitectura y el arte de canalizar las aguas.*  
Colección Estética y Crítica,  
Universidad de Valencia, 2004.  
Primera ed., 1820. Traductor:  
Manuel Pérez Cornejo

La conclusión clara que sacamos con el ejemplo del templo griego o de la catedral gótica es que poner la estructura a la vista es una idea universal de la Arquitectura. Y esta idea está muy bien recogida en las palabras de Arthur Schopenhauer con las que comenzábamos la tesis:

*“El tema propiamente estético de la bella arquitectura es LA LUCHA ENTRE EL PESO Y LA RIGIDEZ. De hecho, este es el único tema estético que la caracteriza exclusivamente, puesto que, en cualquiera de sus manifestaciones, su misión es precisamente poner de manifiesto con toda claridad y de múltiples maneras la lucha mencionada”.<sup>22</sup>*

### III.1.3. OTROS EJEMPLOS

A lo largo de la Historia de la Arquitectura, encontramos más ejemplos de arquitecturas que ponen a la vista la estructura. Cada una con su peculiar estilo y manera.

En la Iglesia de San Lorenzo en Florencia, 1470, Brunelleschi destaca con un cambio de material los elementos principales de la estructura. Las pilastras, arcos y columnas se distinguen de los materiales de relleno por su acabado en pietra serena gris (figura III.1-39).

El Crystal Palace de Joseph Paxton, 1851, es una estructura de acero vista, gracias a la transparencia del cristal que la recubre (figura III.1-40).

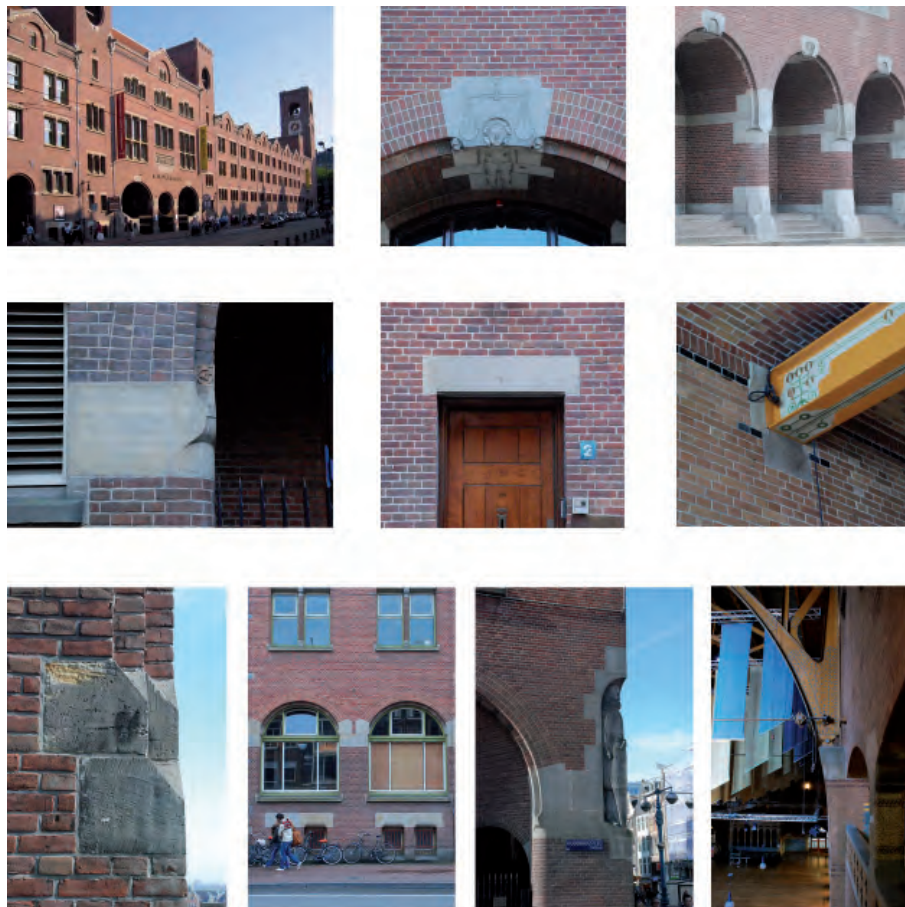
En la Bolsa de Amsterdam, 1903, señalada por Kenneth Frampton como ejemplo del racionalismo estructural,<sup>23</sup> Berlage propone una arquitectura de construcción vista y explícita. Una acentuación de los elementos estructurales de transición. Frente al paño continuo de ladrillo en los muros, los dinteles, las dovelas, los estribos, las ménsulas, los salmeres, las uniones al fin y al cabo, están resaltadas en piezas de granito gris, casi escultóricas (figura III.1-41).



FIGURA III.1-39  
Iglesia de San Lorenzo, Florencia, con los elementos principales de la estructura en pietra serena gris.



FIGURA III.1-40  
Crystal Palace, Londres, 1851.



23.  
Fuente: FRAMPTON, Kenneth. *Historia crítica de la Arquitectura Moderna*. Ed. Gustavo Gili, Barcelona, 1980.

FIGURA III.1-41  
Bolsa de Amsterdam, 1897-1903. Arquitecto: Berlage. Fotografías del autor.

Los arquitectos de la llamada Escuela de Chicago, de finales del siglo XIX, llevan a la fachada la estructura. Aunque de momento se trata en la mayoría de los casos de una estructura de acero recubierta para lograr una mejor resistencia al fuego, lo cierto es que se puede leer con gran claridad en la fachada el ritmo neutral y práctico de sus crujías. La estructura de muros de ladrillo fue poco a poco sustituyéndose por una estructura de acero que era capaz de resolver con más eficacia los problemas de los edificios comerciales de Chicago. La estructura de acero permitirá construir edificios cada vez más altos, reducir la superficie de planta destinada a la estructura, y hace más rentables las parcelas del centro de la ciudad. Cada vez menos fachada ciega y cada vez más cristal, más luz para los interiores, que permitirá hacer crujías más profundas. Y esa nueva estructura de acero que sustituye a la estructura de muros de carga se lleva a la fachada para hacer de ella icono silencioso de la nueva era (figura III.1-42).

FIGURA III.1-42

De izquierda a derecha, First Leiter Building, William Le Baron Jenney, 1871, Second Leiter Bldg, William Le Baron Jenney, 1879, y Almacenes Carson Pirie Scott, Louis Sullivan, 1899



24.

El perfil racional de un arco estereotómico es el mismo que el de una catenaria invertida. Gaudí construía modelos a escala, con hilos cargados con sacos rellenos de plomo, que representaban proporcionalmente las cargas a las que se verían sometidas las estructuras en la realidad, y los perfiles que adoptaba la maqueta eran los perfiles racionales de la estructura. Así obtenía también la dirección de los empujes terminales, y la inclinación que debían adoptar los elementos de sustentación. Lo que hacía Gaudí era adaptar la forma a la línea potencial de acción externa de la estructura. La estructura se construía siguiendo el camino de la carga, que es de todas las formas la más racional, la más ventajosa de cara a la resistencia (figura III.1-44). Fuente: CRIPA, María Antonietta. *Gaudí. De la naturaleza a la arquitectura*. Editorial Taschen, Köln, 2007

Gaudí, en la Iglesia de la colonia Güell, 1898-1915, intenta poner en pie una estructura a la vista mecánicamente muy eficiente (figura III.1-43). El arquitecto catalán solía recurrir a maquetas de hilos y pesos para obtener formas abovedadas con el perfil más eficaz posible.<sup>24</sup> Las catenarias que dibujaban sus maquetas, al invertirlas, se convertían en arcos y bóvedas parabólicas de sección muy resistente gracias a su propia forma.

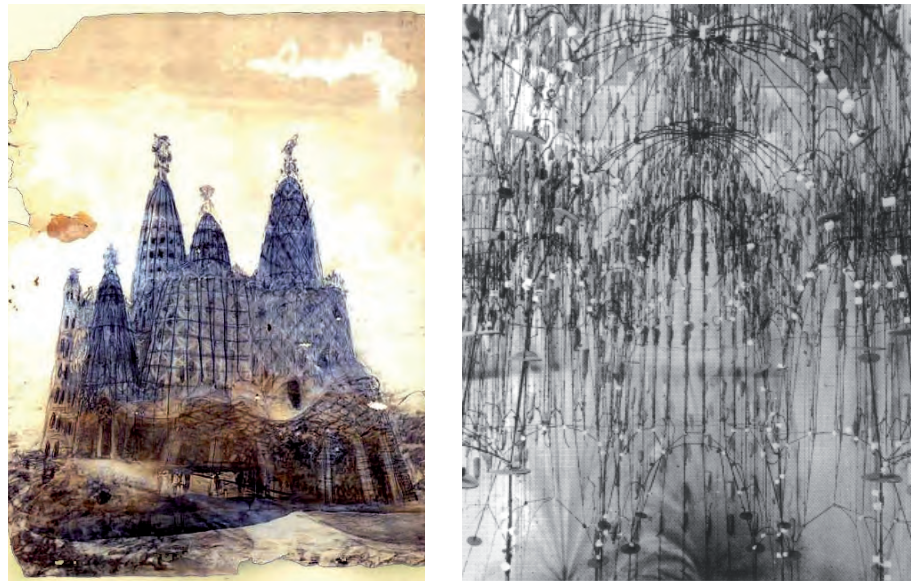


FIGURA III.1-43

Iglesia de la Colonia Güell. A la izquierda, perspectiva exterior del edificio. A la derecha, imagen invertida de la maqueta de hilos y sacos de plomo que representa los esquemas de fuerza a los que estarían sometidas las cúpulas. Fuente: CRIPA, María Antonietta. *Gaudí. De la naturaleza a la arquitectura*. Editorial Taschen, Köln, 2007



Podríamos poner muchos más ejemplos: Schinkel, Horta, Meyer, Albert Kahn con sus fábricas de Detroit, el Centro Pompidou; el expresionismo estructural de Nervi, Torroja, Félix Candela, Eladio Dieste o Vilanova Artigues; Alvar Aalto en el Sanatorio de Paimio, o la manera de Louis Kahn de revelar cómo se ha construido el edificio; Terragni, Duiker, Prouvé o Stonehenge. Todas estas arquitecturas comparten la idea de la Estructura a la Vista (figura III.1-45).



FIGURA III.1-45  
 Selección de Arquitecturas con  
 la Estructura a la Vista. Collage  
 del autor.

### III.1.4. CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA A LA VISTA

¿Qué tienen en común estas arquitecturas?

1. Estructura a la vista tanto en fachada como en el espacio interior.
2. Reducción, en la medida de lo posible, de los cerramientos y particiones sin función estructural. Elementos estructurales aislados y cerramientos y particiones lo más transparentes que sea posible. Si los elementos estructurales están rodeados de aire, mejor.

3. Construcción explícita del recorrido de las cargas, y de las transiciones entre elementos estructurales. Capiteles, arbotantes, dinteles, estribos de arcos, basas, etc. se convierten en elementos de gran expresividad. En este sentido, son mucho más eficaces las estructuras descompuestas en elementos lineales, caso de la estructura del templo griego o la estructura gótica; frente a las estructuras de superficies continuas, como la fachada de la Bolsa de Amsterdam. La descomposición de una estructura en elementos lineales, viga-columna, nervadura-columna, hace mucho más expresivo el recorrido de la carga. En el caso de la fachada de la Bolsa de Amsterdam, la lectura se pierde por la continuidad del muro. El estribo o el dintel de piedra están en el mismo plano que el muro de ladrillo. El cambio es únicamente de material. Pero en la transición arquitrabe-columna, o en la transición nervadura-columna, o arbotante-contrafuerte, hay un cambio formal mucho más evidente. Las estructuras descompuestas, frente a las estructuras continuas, son las que con más claridad construyen el recorrido de la carga.

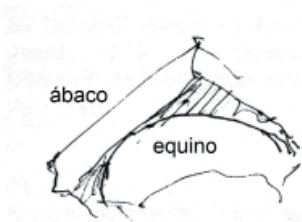


FIGURA III.1-46

Arriba, la sombra del ábaco proyectada sobre el fuste, y suavizada por la luz que recibe el equino. Debajo, equino completamente iluminado por la luz directa del sol. Dibujo de Alberto Campo Baeza. Fotografías del autor.

4. Expresión de los elementos estructurales y de sus uniones más allá de la razón de su mecánica. El acanalado del fuste griego, el sobredimensionado de sus secciones, las formas decorativas del capitel y de la basa, el dibujo en relieve de los triglifos, el polilobulado de los pilarillos góticos, la ornamentación de los pináculos, los bajorrelieves con los que Berlage decora las claves de sus arcos; son medios no estructurales para resaltar los elementos con función estructural.

E incluso, llegado el caso, se puede llegar al extremo de que un elemento estructural adapte su forma para provocar un efecto visual. Viollet le Duc justifica la forma del equino del capitel dórico por un efecto de la luz y de la sombra. La inclinación del equino evita que la unión entre el capitel y el fuste quede siempre en sombra (figura III.1-46). No se trata pues de una razón puramente mecánica, sino de una razón visual. Aquí tenemos a la estructura adaptándose para expresarse con más claridad. Es la sutileza del Lenguaje de la Estructura.

*“El ábaco del capitel muestra la mayor parte del día una sombra sobre la parte superior de la columna que no permite distinguir la unión del capitel con la columna. La sombra debajo del ábaco es dura y la parte superior de la columna no puede ser apreciada por el ojo, y parece entonces que el arquitrabe no descansa sobre una forma sólida. Y para resolver este efecto viene el equino con su forma curva, de modo*

*que en los puntos de tangencia el extremo curvado del equino recibe también luz. Y así se funde la luz demasiado viva del ábaco con la sombra demasiado marcada que proyecta sobre el fuste de la columna. Y el equino se inclina para que su superficie reciba tanta luz como sea posible, bien directa del sol, bien de los reflejos del suelo o de los muros vecinos”.*<sup>25</sup>

25.  
VIOLLET LE DUC. *Conversaciones sobre la Arquitectura*. Volumen I. Consejo General de la Arquitectura Técnica de España, Madrid, 2007. Traducción de Maurici Pla. Primera Edición, París, 1863.

5. Relación directa entre la estructura y la forma. La estructura, por repetición de una unidad básica, da coherencia a la forma. Por ejemplo, el intercolumnio del Partenón tiene una proporción vertical. Y sin embargo, la forma global tiene una proporción horizontal. La repetición de intercolumnios verticales, subrayados por la repetición de las vigas en continuidad, produce la imagen horizontal del Partenón. También la célula básica de la Sainte Chapelle es vertical. La altura de los contrafuertes, incluyendo los pináculos, es aproximadamente 30 metros. Y la distancia entre ejes de contrafuertes es aproximadamente 5,20 metros. Pero sin embargo, al contrario que en el Partenón, aquí la estructura no se repite para dar una forma horizontal. Ni hay un elemento horizontal que cosa los contrafuertes para marcar la horizontalidad de la forma. Aquí la estructura va a favor de la verticalidad. Este es el lenguaje de esta estructura, expresándose, actuando.

¿Y qué conceptos, que intuitivamente relacionaríamos con Arquitecturas de estructura vista, deberíamos a partir de ahora cuestionar cuando hablamos de este tipo de arquitecturas?

1. La eficacia de la forma. No es cierta en todos los casos. Los elementos estructurales del Partenón, como hemos visto están sobredimensionados en exceso. Su capacidad de trabajo es muy superior a los esfuerzos a los que realmente están sometidos. La piedra no es el material más adecuado para construir una viga por su escaso trabajo a flexión, y para compensar esta deficiencia se recurrían a coeficientes de seguridad muy altos.

2. La ausencia de toda carga emotiva. Tampoco es cierta. No podemos decir que las arquitecturas con estructura a la vista sean todo razón y objetividad. La estructura de la catedral gótica, por ejemplo, es claramente una estructura con dos caras. Y si desde el exterior domina la idea de la construcción pétreo, la solidez y la transmisión de los esfuerzos, el interior es sin embargo un espacio metafísico, atravesado por la luz translúcida, y en el que parece que la gravedad no actúa.

3. Estructura pura sin revestimientos. Tampoco es cierto este apartado. Los elementos estructurales se decoran, bien con bajorrelieves, como el caso del acanalado griego, bien con revestimientos cromáticos, como podemos ver en las nervaduras de la Sainte Chapelle.



### III.2 ESTRUCTURAS OCULTAS: PANTEÓN + CATEDRAL DE SAN PABLO



### III.2.1. EL VESTIDO DE LA ESTRUCTURA DEL PANTEÓN

El arquitecto racionalista Viollet le Duc compara la arquitectura romana con un hombre vestido (figura III.2-01): “Por un lado está el hombre, por otro lado está el vestido. En la arquitectura romana está la estructura, la construcción auténtica, real y útil, combinada con vistas a cumplir un programa fijado con gran maestría, y está el envoltorio, la ornamentación, que es independiente de la estructura en la misma medida en que el vestido es independiente del cuerpo humano”<sup>1</sup>

La construcción romana de bóvedas requiere grandes contrafuertes, masas inertes de construcción que en su mayor parte tienden a quedar ocultas (figura III.2-02). Pero, siguiendo con la metáfora del hombre vestido, lo mismo que el ropaje se adapta a las proporciones del cuerpo, así ocurre con la ornamentación romana y su estructura. La estructura, aunque no se vea por completo, está presente en el espacio y en la forma romanas.

Ya hemos visto en el apartado anterior cómo en el Partenón queda configurada con claridad la idea de la sustentación. Cómo la idea primera del Partenón es revestirse de estructura, de columnas, que su fachada sea un pórtico, una suma de vigas y columnas de piedra. En el Panteón (120-127 d.C.) esto no ocurre, pero no quiere decir que la sustentación para el arquitecto romano sea irrelevante, sino simplemente que esta idea queda relegada a un segundo plano por el que es el auténtico tema central del Panteón, la Luz.<sup>2</sup>

El Panteón tiene tres partes diferenciadas (figura III.2-03): un profundo pórtico octástilo en el acceso; una zona intermedia de transición; y una inmensa nave cilíndrica cubierta por una cúpula. Nos vamos a detener en esta última.

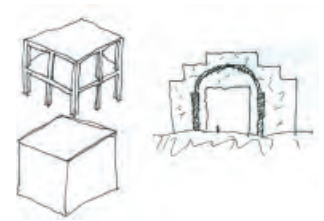


FIGURA III.2-01.  
Estructura desnuda, Estructura con vestido ajustado y Estructura con vestido libre.  
Dibujo del autor.

1.  
VIOUET LE DUC. *Conversaciones sobre la Arquitectura*. Volumen I. Consejo General de la Arquitectura Técnica de España, Madrid, 2007. Traducción de Maurici Pla. Primera Edición, París, 1863.

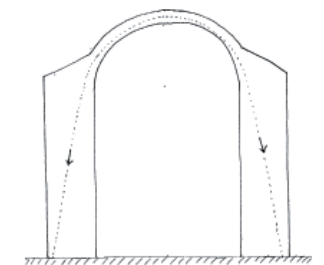


FIGURA III.2-02.  
Empujes de una bóveda romana sobre muros de gran inercia.  
Dibujo del autor.

2.  
KAHN, Louis: “La estructura es la artífice de toda luz, porque la estructura deja agujeros en su interior que permiten su paso”.  
Fuente: BROWNLEE / DE LONG, David. *Louis Kahn: en el reino de la arquitectura*. Ed. Gustavo Gili, Barcelona, 1998

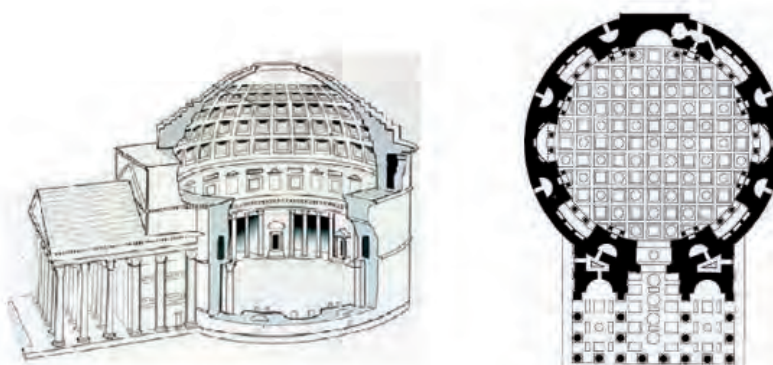
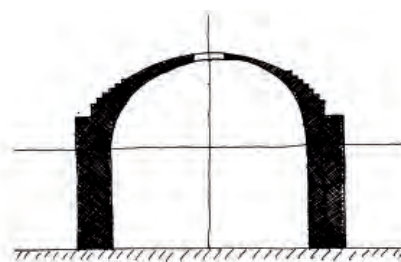
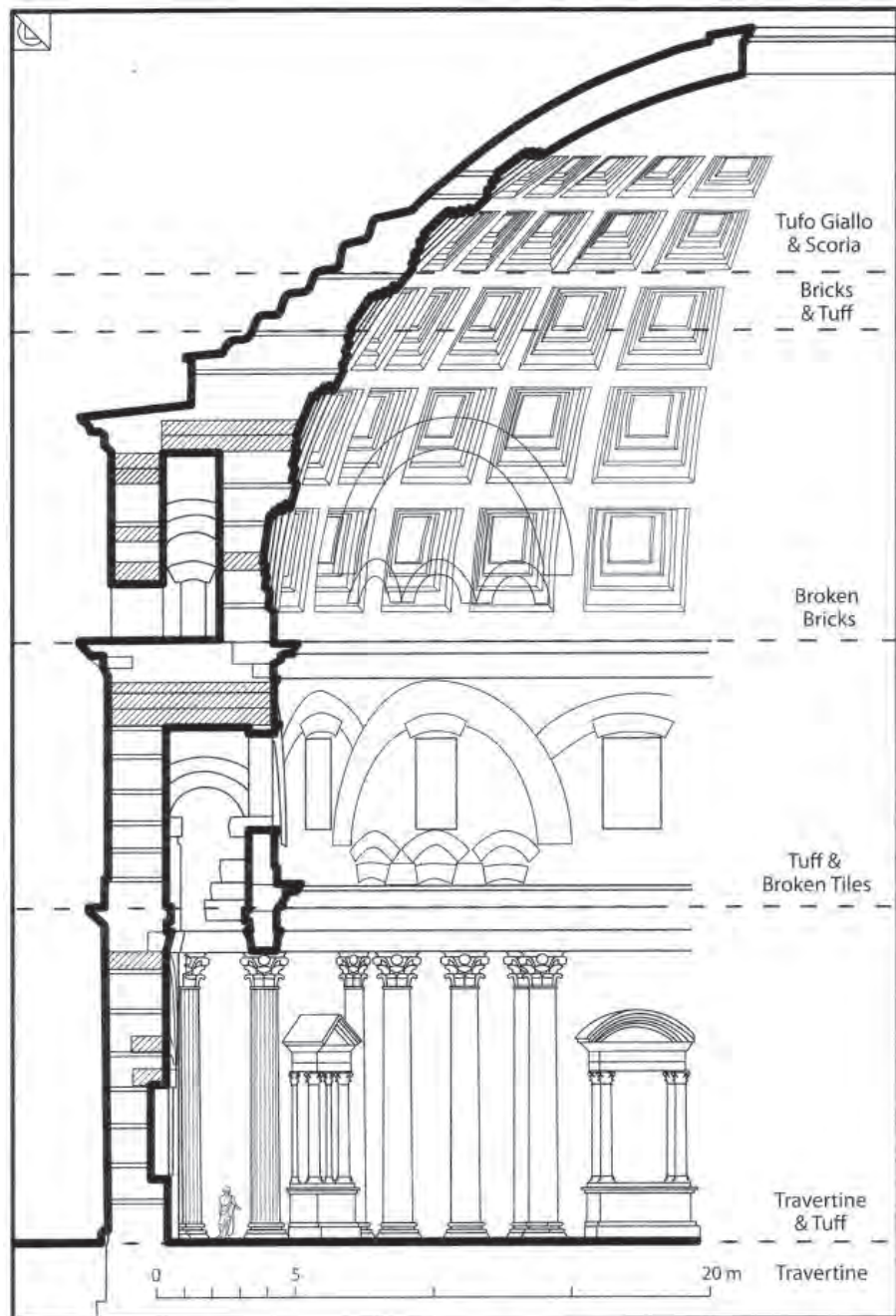


FIGURA III.2-03.  
Panteón de Roma.  
Sección, dibujo del autor.

Sobre la base cilíndrica de 43,40 metros de diámetro se eleva una cúpula semiesférica que alcanza los 43,40 metros de altura. El cilindro se divide en dos niveles, y la cúpula se divide en tres zonas (figura III.2-04).

FIGURA III.2-04.  
Sección del Panteón de Roma.  
Fuente: LANCASTER, Lynne C.  
*Concrete Vaulted Construction  
in Imperial Rome. Innovations in  
context.* Cambridge University  
Press, New York, 2005



La superficie cilíndrica no es continua. El muro está horadado por ocho enormes nichos, que dejan entre ellos otros ocho grandes machones. Un orden de pilastras y columnas corintias recorre el primer nivel del cilindro, todo rematado por una prominente cornisa a modo de entablamento. En el siguiente nivel se alterna una serie de ventanas con frontón, a eje con los nichos y los machones, y en el intereje cuadros ciegos enmarcados con mármoles de diversos colores. Este segundo nivel también se remata con una prominente cornisa. Cabe decir que este segundo nivel fue alterado desde el Renacimiento hasta el siglo XVIII. Su composición sigue el orden geométrico impuesto

por el primer nivel, que a su vez está basado en el orden de nichos y machones. Parece claro que con esta ornamentación se pretende articular y enriquecer lo que de otra manera habría sido un cilindro monótono y plano, sin relieve. Esto en la mentalidad de aquella época no era admisible.

Sobre el segundo nivel del cilindro apoya la cúpula. Dos terceras partes de la cúpula están ocupadas con 5 hileras de casetones que disminuyen en tamaño y profundidad, dejando el tercio superior, el que rodea al óculo, con una superficie lisa de 8,5 metros de anchura, aproximadamente la misma dimensión del diámetro del óculo, 9 metros. Este modelo de artesanado, que permite aligerar el peso de la cúpula, también produce un efecto ilusorio que desdibuja los confines del hemisferio (figura III.2-05). Algo parecido a lo que ocurre en el muro cilíndrico. La simple superficie de la cúpula, su simpleza mecánica, queda en segundo plano. Originalmente estos efectos estaban enriquecidos por las molduras de estuco y el brillo de los rosetones de bronce que había en el centro de cada casetón (bronces que Bernini utilizaría siglos después para el Baldaquino de San Pedro).

Pero en especial se querría destacar aquí la falta de concordancia entre el orden del muro cilíndrico y el de la cúpula. Las cinco hileras de artesones se subdividen en 28 radios que confluyen en la clave de la cúpula, frente a las 16 partes en las que está dividido el cilindro, con su ritmo de ocho nichos y ocho machones. Hay dos órdenes aritméticos distintos, uno en la cúpula y otro en el muro, como podemos observar en el alzado de Wilson Jones (figura III.2-06) y en la planta de Bill Addis (figura III.2-07).

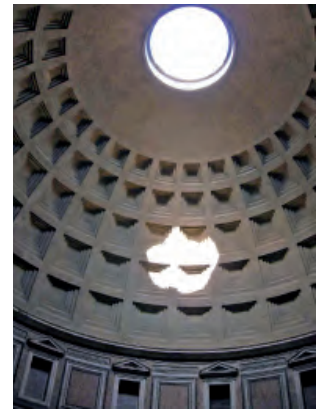


FIGURA III.2-05  
Los casetones aligeran visualmente y físicamente la cúpula del Panteón. Originalmente los efectos lumínicos en la cúpula estaban enriquecidos por las molduras de estuco y por el brillo de los rosetones de bronce que había en el centro de cada casetón. Pero aún hoy podemos ver el efecto desmaterializador de la luz y sombra sobre la superficie ahuecada de la cúpula. Y es que, la red de casetones no sólo aligera el peso físico de la cúpula, sino también el peso visual, gracias a su juego reverberante de luces y sombras.  
Fotografía del autor.



FIGURA III.2-06  
Alzado desplegado del interior del Panteón que nos muestra la falta de continuidad entre los ejes de los nichos y los ejes de los casetones. Fuente: WILSON JONES, Mark. *Principles of Roman Architecture*. Yale University Press, New Haven, 2000

FIGURA III.2-07

Planta seccionando los tres niveles del Panteón. Debajo, sección por el primer nivel del muro cilíndrico. A la derecha, sección por el segundo nivel del muro cilíndrico. A la izquierda, sección por la primera fila de casetones de la cúpula. El cilindro se divide en 16 partes, 4 partes por cada sector de circunferencia. La cúpula se divide en 28 radios; 7 casetones por cada sector de circunferencia.

Fuente: ADDIS, Bill. *3000 years of design engineering and construction*, Phaidon Press, London, 2007

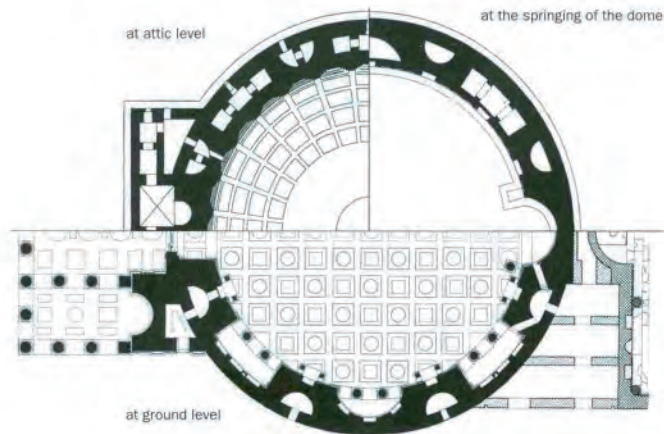


FIGURA III.2-08

Continuidad entre nervadura de bóveda y columnillas góticas.

Fuente: TOMAN, Rolf. *El Gótico. Arquitectura, Escultura, Pintura*. Editorial Könemann, Barcelona, 2004. Título original, *Die Kunst der Gotik*. Traducción de José García Pelegrin

FIGURA III.2-09

La prominente cornisa que separa el muro cilíndrico y la cúpula. Fotografía del autor.

En los arquitectos griegos, la relación de apoyo entre la viga y la columna es muy clara, gracias a la ley del ángulo recto. En la bóveda esta relación de apoyo con el muro es más ambigua, por la tangencia que existe entre techo curvo y muro. Hay una discontinuidad entre la viga y la columna, y una continuidad entre la cúpula y el muro, y esto hace, en palabras de Spiro Kostoff, que en las cúpulas y bóvedas la vista resbala hasta el punto más alto, su clave. La potente cornisa que en el Panteón marca la transición entre muro y cúpula es una manera de negar esa continuidad geométrica.

Como bien muestran estos dibujos, (1) hay casos en los que el eje de los nichos inferiores coincide con el nervio de la cúpula, (2) hay casos en los que coincide con casetón, y (3) hay casos en los que no hay coincidencia alguna. No hay pues una relación numérica entre la cúpula y el cilindro ni una continuidad en su ornamentación. Y esto es extraño, pues demuestra que no hay voluntad de fusión entre el muro y la cúpula, como si ocurre por ejemplo en la arquitectura gótica, con esos juegos de nervaduras que arrancan desde la base de las columnas hasta la clave de las bóvedas. Aquí no existe esta continuidad (figura III.2-08).

La estructura de la base cilíndrica tiene una numeración diferente de la de la cúpula. No hay voluntad de continuidad sino de separación. Y a esto ayuda también la prominente cornisa de transición entre cilindro y cúpula (figura III.2-09).



La cúpula se separa del muro, queriendo parecer que flotara. Pero hay más. Una parte importante de la estructura del Panteón queda oculta por la ornamentación. La cúpula ejerce una carga continua en toda su circunferencia base, pero el cilindro que la sostiene sólo es continuo en su nivel superior, y está horadado por los ocho grandes nichos de los que ya hemos hablado. Para salvar esos huecos en el muro había que canalizar todo el peso hacia los ocho grandes machones, y esto se consigue a través de un sistema de arcos y bóvedas de descarga que quedaban ocultos. El sistema está muy claramente dibujado en la perspectiva exterior de Lancaster (figura III.2-10). Dos anillos de grandes bóvedas de cañón radiales transfieren la carga de la cúpula a los machones. Incluso al entablamento se le descarga de cualquier peso por un grupo más pequeño de arcos de descarga. Los arcos de descarga quedan hoy parcialmente a la vista en la desnuda fachada exterior de ladrillo de la rotonda (figura III.2-11).

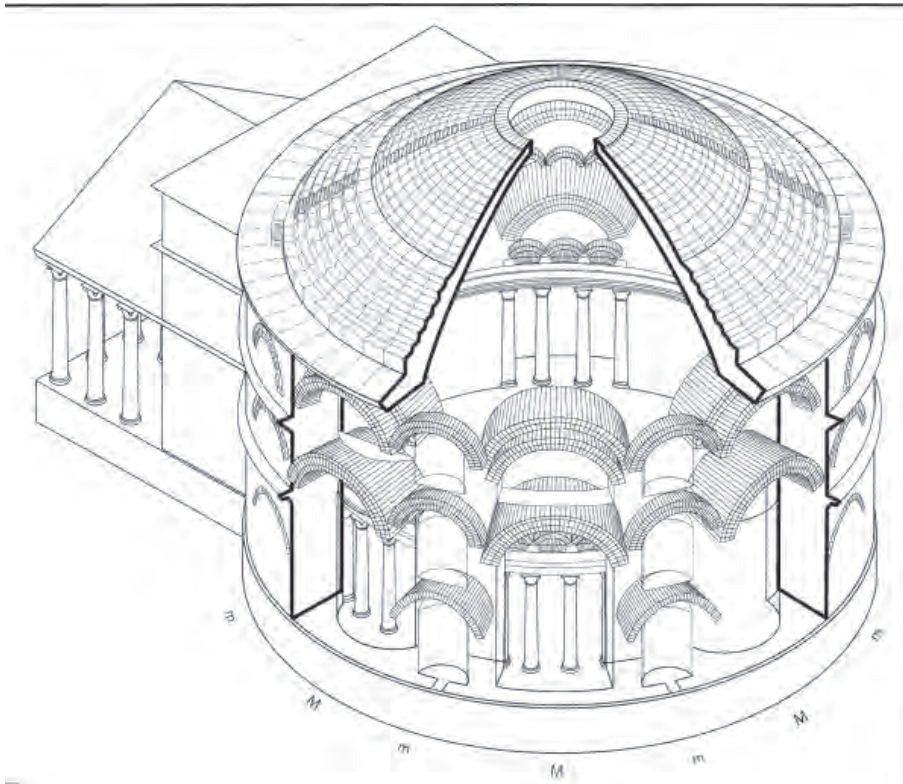


FIGURA III.2-10  
Arcos de descarga de la cúpula del Panteón ocultos en la masa de la estructura. Fuente: LANCASTER, Lynne C. *Concrete Vaulted Construction in Imperial Rome. Innovations in context.* Cambridge Univ. Press, New York, 2005



FIGURA III.2-11  
En la actualidad los arcos de descarga han quedado a la vista al perder los muros de fachada parte de la decoración. Fotografía del autor. Fuente: MORELL SIXTO, Alberto. *Roma Desnuda.* Espacio. Ed. Nobuko, Madrid-Buenos Aires, 2011.

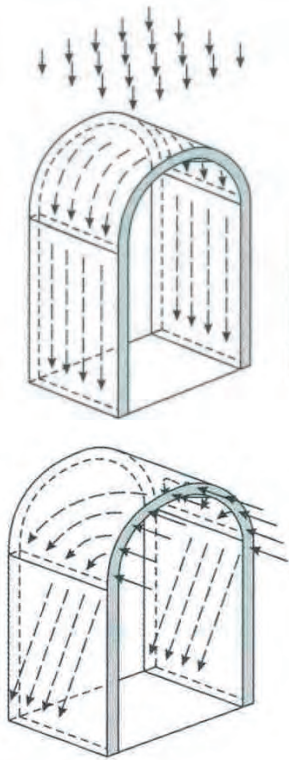
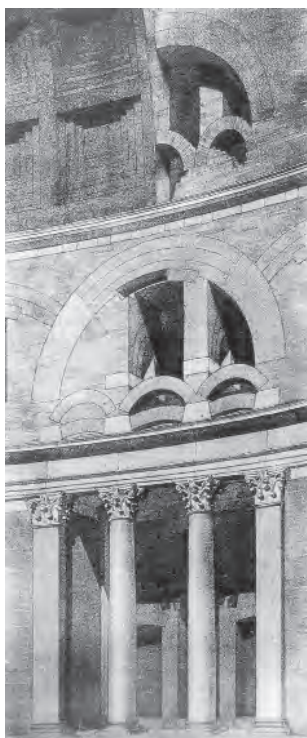


FIGURA III.2-12  
Trabajo de los arcos de descarga ante el peso de la bóveda, arriba; y ante los empujes horizontales provocados por la bóveda, debajo. Fuente: ADDIS, Bill. *3000 years of design engineering and construction*, Phaidon Press, London, 2007

3.  
CAMPO BAEZA, Alberto.  
*Architectura sine luce nulla architectura est. La idea construida*. Librería Técnica CP67, Univ. de Palermo, Argentina, 2000. 1ª edición, Madrid, 1996



Estos arcos de descarga no sólo sirven para liberar el espacio de los ocho grandes nichos de la base cilíndrica, sino que ayudan también a resistir los empujes horizontales que produce la cúpula de hormigón, como bien vemos en la perspectiva de Bill Addis (figura III.2-12).

El orden de columnas corintias y su arquitrabe no tiene una función mecánica, sino decorativa (figura III.2-13). Es más, tras esa gracilidad de piedras preciosas se esconde un muro enormemente grueso, de 6 metros de espesor, que está soportando las aproximadamente 10000 toneladas del peso de la cúpula. Masa inerte que trabaja en la sombra. Pero el arquitecto romano no nos muestra el espesor de ese muro ni su fábrica, sino que prefiere dejar a la vista estas columnas que no trabajan.

Del mismo modo que los casetones aligeran la cúpula, los nichos aligeran la base cilíndrica del Panteón (figura III.2-14). El efecto que se consigue es una cúpula que parece más ligera de lo que realmente es, sostenida por un muro que parece más ligero de lo que realmente es. Las columnas corintias, que en realidad no trabajan, se sitúan por delante de los nichos en sombra, resplandecen en su ligereza, y pudiera pensarse que realmente están sosteniendo la cúpula, aunque en realidad no es así. La verdadera estructura del Panteón permanece oculta en un segundo plano.

Esto no quiere decir que al arquitecto romano no le interesara la mecánica de la estructura, todo lo contrario, sino que al menos en este caso prefiere dejarla en un segundo plano para que la protagonista sea la luz, junto con el espacio y el tiempo.<sup>3</sup> Sólo hoy, con el paso de los siglos, contemplamos la verdad de la Estructura del Panteón y de sus arcos de descarga.

La discontinuidad entre la cúpula y el muro cilíndrico, junto a la ocultación del sistema de arcos de descarga, nos permiten concluir que la expresión de la mecánica, la idea de sustentación, no está en el caso del Panteón en primer plano, como ocurre en el Partenón. Tampoco está aquí presente la idea del contrarresto de los empujes de la bóveda, que sí será clave en la Arquitectura gótica, con los contrafuertes. Frente a la idea de Estructura a la vista que con tanta claridad expresa el templo griego, está la idea de Estructura oculta, que encontramos en el Panteón de Roma.

FIGURA III.2-13  
En esta perspectiva observamos cómo los arcos descargan al arquitrabe y a las columnas del primer nivel. Estas columnas solo resisten su peso propio y el peso propio del arquitrabe. Fuente: TAYLOR, Rabun. *Los constructores romanos. Un estudio sobre el proceso arquitectónico*. Ediciones Akal, Madrid, 2006

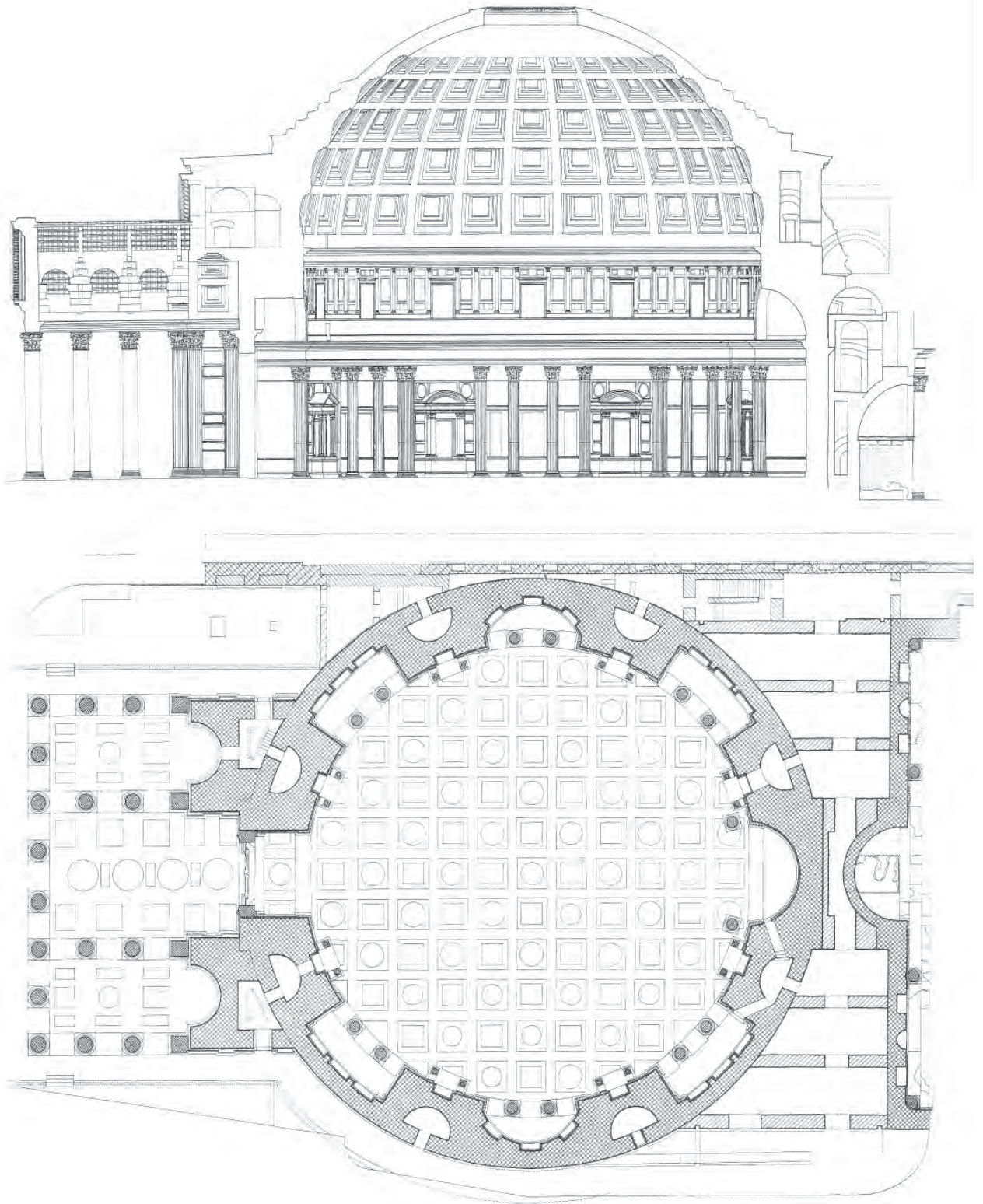


FIGURA III.2-14  
Muro cilíndrico aligerado por los nichos y bóveda aligerada por los casetones.  
Fuente: WILSON JONES, Mark. *Principles of Roman Architecture*. Yale University Press, New Haven, 2000

En relación al orden dórico nos dice Vitruvio que los griegos quisieron levantar un templo a Apolo y “*buscaron el medio de hacer las columnas lo bastante fuertes para que pudiesen sostener el peso del edificio y que fuesen además gratas a la vista. Para lograr ambos fines, resolvieron tomar como medida la huella del pie de un hombre y la aplicaron en el sentido de la altura, y habiendo descubierto que el pie era la sexta parte del cuerpo, transfirieron esta relación a la columna, dando a ésta de altura seis veces el grueso de su imoscapo, incluso el capitel. De esta suerte, la columna dórica, proporcionada al cuerpo varonil, comenzó a dar a los edificios solidez y belleza*”. Lo importante aquí no es dilucidar si esas proporciones eran o no bellas, si esos ornamentos eran o no bellos. Es evidente que al menos para ellos sí lo eran. Lo importante es el reconocimiento de la estructura como fuente de ornamento y belleza.

Y más adelante quisieron construir un templo en honor de Diana “*y siguieron los mismos principios anteriores sirviéndose de la huella de los pies y de las proporciones de un cuerpo de mujer. Y en este caso el diámetro de la columna se igualó a la octava parte de su altura, con el fin de darle un aire más esbelto... y le pusieron basa a manera de calzado, y tallaron volutas a una y otra parte del capitel queriendo imitar el cabello, y por medio de cimacios y festones, como cabellos arreglados sobre la frente, adornaron la parte anterior de los capiteles. Además, trazaron estrías a lo largo del fuste de la columna, a imitación de los pliegues de la túnica de las matronas*”. La invención del capitel jónico, con sus hojas de acanto, parece ser que se debió al escultor Calímaco, que pasó cerca de la tumba de una doncella en la que había un canastillo a cuyo alrededor había enraizado el acanto.

En cuanto al tercer género de columnas, llamado corintio, representa la delicadeza de una doncella, cuyo talle, por su edad, es más fino y por lo tanto más susceptible de recibir adornos que puedan aumentar su belleza natural. Las columnas corintias, salvo en el capitel,

### III.2.2. LA ESTRUCTURA COMO ORNAMENTO

Las columnas corintias que flanquean los nichos del Panteón son elementos estructurales con función ornamental. Estas columnas visten la verdadera estructura de muros, bóvedas y arcos. No tienen función estructural.

Estas columnas son diferentes a las columnas que emplea el arquitecto griego en sus templos. La columna griega sirve de sustento y ornamento. La columna corintia del interior del Panteón sólo funciona como ornamento.

Cuando Vitruvio describe los tres órdenes clásicos establece sus proporciones y su ornamentación. Junto a la función sustentante de la columna habla también de la función decorativa.<sup>4</sup>

La columna, así entendida, trasciende su función como soporte de la Arquitectura. Puede suceder entonces que la estructura sea a la vez soporte y ornamento, como ocurre con las columnas dórica, jónica o corintia de los templos clásicos griegos. O puede suceder que la columna se desprenda de su función gravitatoria, quedando sólo lo decorativo, como sucede en las columnas corintias del Panteón.

John Summerson, en *El lenguaje clásico de la Arquitectura*, nos cuenta cómo los arquitectos romanos emplearon los órdenes griegos con función no estructural, sino decorativa.<sup>5</sup> Según Summerson, la finalidad de la arquitectura clásica era conseguir una armonía de proporciones entre sus partes y en el conjunto, y los órdenes eran la manera de garantizar esa armonía. En función del tipo de orden que se empleara, el carácter del edificio era cambiante, desde lo rudo y fuerte, a lo delicado y bello. Y esta parte expresiva, esta armonía, era lo que los romanos querían procurar a sus edificios empleando los órdenes griegos, no como estructura, sino como ornamento aplicado a sus edificios.

Las estructuras romanas de arcos y bóvedas necesitan de gruesos muros que hagan de contrafuertes, y no de columnas, que son demasiado débiles para soportar los empujes de los arcos y especialmente de las bóvedas (figura III.2-15). Mecánicamente hablando, las columnas de piedra son más apropiadas para la arquitectura adintelada, que transmite una carga vertical, frente a la arquitectura abovedada, que transmite una carga oblicua (figuras III.2-16, III.2-17 y III.2-18). Por eso los romanos emplearon en muchos casos las columnas con función no estructural, sino decorativa, adosándolas a sus muros, que son los que verdaderamente tienen función de soporte, y a veces incluso integrándolas en los muros a modo de medias columnas o de pilastras labradas en la superficie mural. Y acompañando a esas columnas adosadas viene su entablamento y cornisa, también en relieve sobre el muro, de manera que a medida que aumenta el relieve del orden, el entablamento da también un paso hacia delante. Los romanos establecieron todo un lenguaje decorativo con sus propias reglas (figuras III.2-19, 20, 21, 22 y 23).

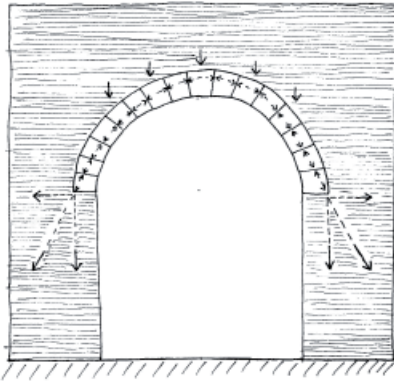


FIGURA III.2-15  
Reacción oblicua en los apoyos de un arco de medio punto. Dibujo del autor.

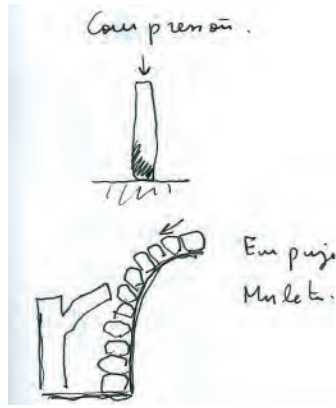
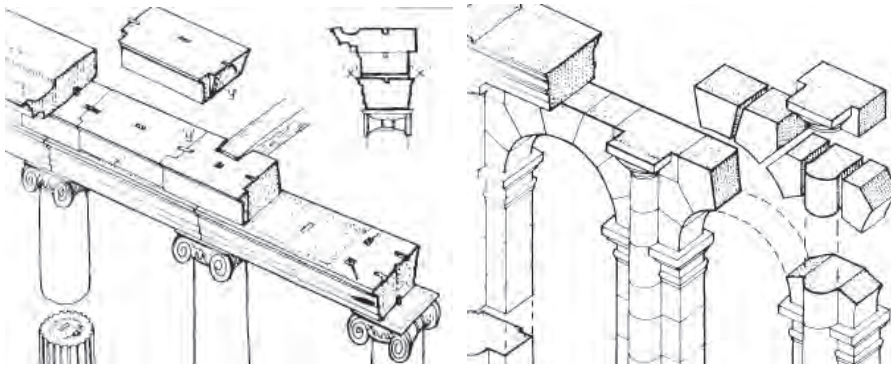


FIGURA III.2-16  
Columna recibiendo una carga vertical y centrada frente a contrafuerte recibiendo una carga oblicua. Dibujo del autor.



FIGURAS III.2-17 Y III.2-18  
A la izquierda, pórtico jónico adintelado. Las vigas transmiten a las columnas cargas verticales. A la derecha, pórtico romano compuesto por arcos y pilastras decoradas con medias columnas. Las pilastras rectangulares, con el lado mayor en la dirección de los arcos, resisten mejor que las columnas las reacciones oblicuas de los arcos. Las medias columnas son decorativas. Fuente: WARD-PERKINS, John B. *Architettura Romana*. Storia Universale dell'Architettura, Editorial Electa, Milán, 2006. Primera Edición, Milán, 1974.

tienen todas sus proporciones semejantes a las jónicas; pero la mayor altura de los capiteles corintios hace que parezcan relativamente más esbeltas y más delgadas; pues la altura del capitel jónico no es más que la tercera parte del diámetro de la columna, mientras que el capitel corintio es tan alto como todo el diámetro del fuste, y por tanto, estas dos partes del diámetro que acrecientan el capitel corintio dan a la columna una altura que la hace parecer más esbelta. Todos los otros elementos que van sobre las columnas se toman, ya del orden dórico, ya del jónico, y se adaptan a las columnas corintias; porque el orden corintio no tuvo cornisa propia ni demás accesorios, sino que tomó del dórico los triglifos y modillones en las cornisas, y las golas en sus arquivadas, o del jónico los frisos, adornados con esculturas, con dentículos y cornisas.

Fuente: VITRUVIO, *Los diez libros de Arquitectura*. Editorial Iberia, 10ª edición, Barcelona, 2007. Traducción de Agustín Blánquez. Primera edición siglo I a.C.

5. SUMMERSON, John. *El lenguaje clásico de la arquitectura*. De L.B. Alberti a Le Corbusier. Editorial Gustavo Gili, 2ª edición, 10ª tirada, Barcelona, 2006. Primera Edición, Londres, 1963.



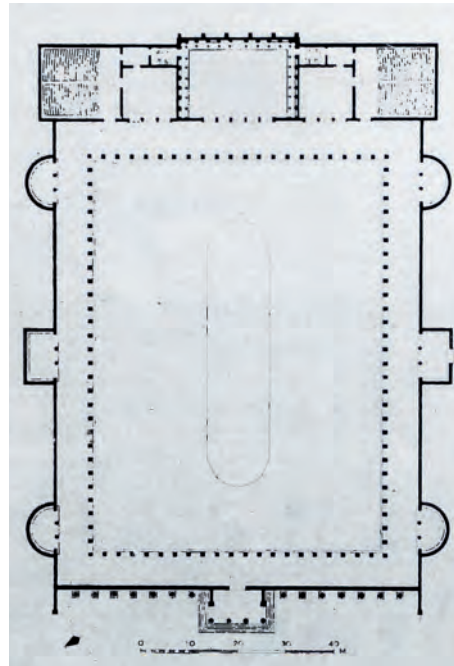
FIGURAS III.2-19 Y III.2-20  
A la izqda, interior de las Termas de Caracalla, 212-216 d.C. Columnas decorativas por delante de los muros que son los que verdaderamente resisten los empujes de las bóvedas. Fuente: TAYLOR, Rabun. *Los constructores romanos*. Ed. Akal, Madrid, 2006. A la derecha, vista actual de la nave desde el lateral. Muros y bóvedas termales sin decoración aplicada. Fotografía del autor.

“El hombre, cuando aspira a ir más allá de la funcionalidad, siempre consigue maravillas. Aquí hubo la voluntad de construir una estructura abovedada de treinta metros y medio de alto donde los hombres pudieran bañarse. Con dos metros y medio habría bastado. Incluso en ruinas es una maravilla.” Louis Kahn sobre las Termas de Caracalla. Fuente: BROWNLEE / DE LONG, David. *Louis Kahn: en el reino de la arquitectura*. Ed. Gustavo Gili, Barcelona, 1998



FIGURAS III.2-21

Arco de Marco Aurelio en Trípoli, 163 d.C. Decoración de semicolumnas aplicadas a los contrafuertes que sostienen el arco. Fuente: GROSS, Pierre. *L'Architettura Romana. Dagli Inizi del III Secolo A.C. alla fine dell'Alto Impero. I Monumenti Pubblici*. Longanesi & C., Milano, 2001



FIGURAS III.2-22 y III.2-23

A la izquierda, fachada de la Biblioteca de Adriano en Atenas, 132 d.C., con un orden de columnas decorativas por delante del muro incluyendo el arquitrabe en voladizo. Fotografía del autor. A la derecha, planta de la Biblioteca, también conocida como biblioteca de las 100 columnas. Fuente: Conjunto arqueológico de Atenas.

Un ejemplo claro de decoración aplicada a la estructura lo encontramos en el Coliseo de Roma, 72-80 d.C.

El Coliseo es una estructura de muros, bóvedas y robustos contrafuertes, recubierta en su exterior por una simulación de un orden adintelado (figuras III.2-24 y III.2-25). El exterior del Coliseo se compone de tres pisos de arcos enmarcados por pilares y columnas de tres cuartos, y un cuarto piso en el que se alternaban escudos de bronce y ventanas. Una fila de ménsulas en este cuarto piso servía para la marquesina que cubría el tercio superior de la cavea. Los cuatro pisos empleaban los cuatro órdenes romanos principales: primero el orden toscano, que es la antigua variante italiana del dórico; el jónico y el corintio ocupaban los pisos segundo y tercero respectivamente. Y en el ático se disponían altas pilastras corintias. Pero todo es puro ornamento. Son elementos estructurales sin función estructural (figuras III.2-26 y III.2-27). Cuando vemos la sección o la planta del Coliseo, es evidente el contraste entre la masividad de la estructura muraria, y la ligereza de la decoración de columnas y arquivoltas. Hoy, que gran parte de los muros radiales que conformaban las gradas quedan a la vista, es fácil hacer esta distinción (figuras III.2-28 y III.2-29).

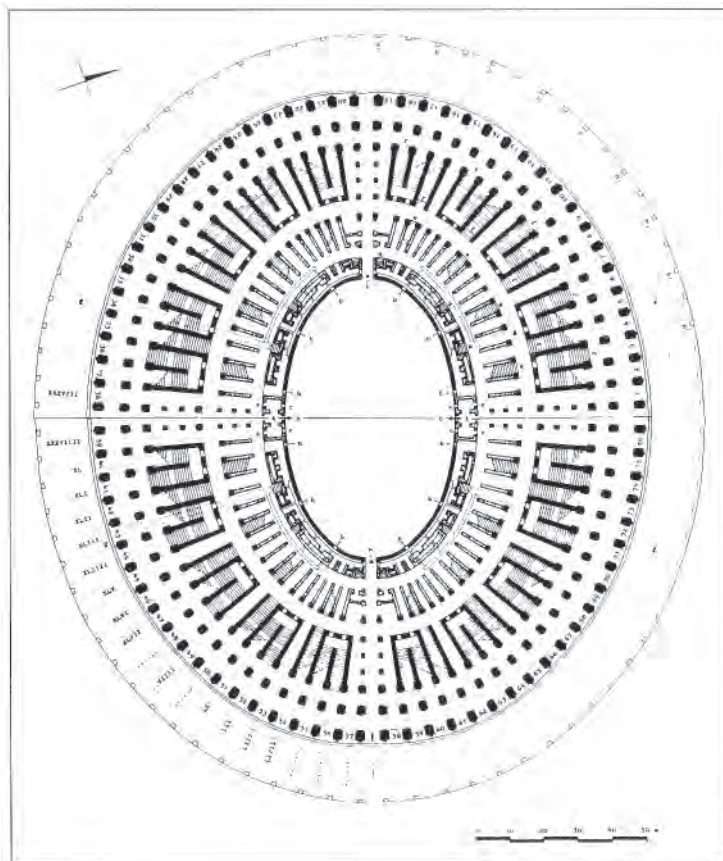


FIGURA III.2-24  
Planta del Coliseo de Roma con la disposición radial de los muros que conforman las gradas. Fuente: GROSS, Pierre. *L'Architettura Romana. Dagli Inizi del III Secolo A.C. alla fine dell'Alto Impero. I Monumenti Pubblici*. Longanesi & C., Milano, 2001

FIGURA III.2-25

Sección del Coliseo de Roma que muestra el contraste entre la estructura real de muros y bóvedas cilíndricas y anulares, y la decoración aplicada en la fachada. Fuente: TAYLOR, Rabun. *Los constructores romanos. Un estudio sobre el proceso arquitectónico*. Ed. Akal, Madrid, 2006

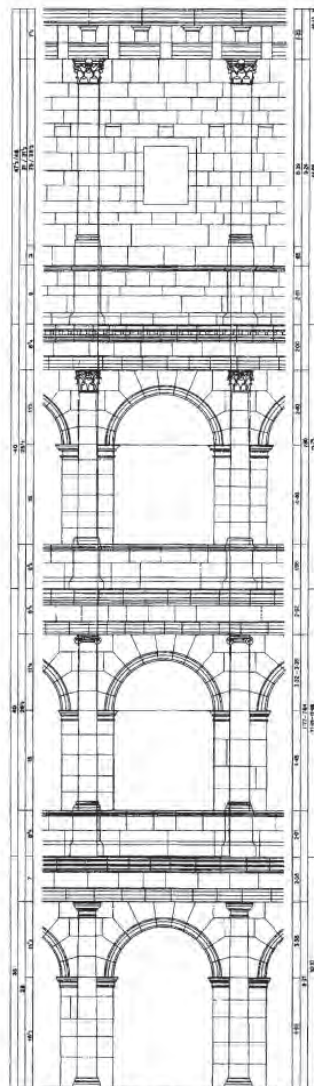
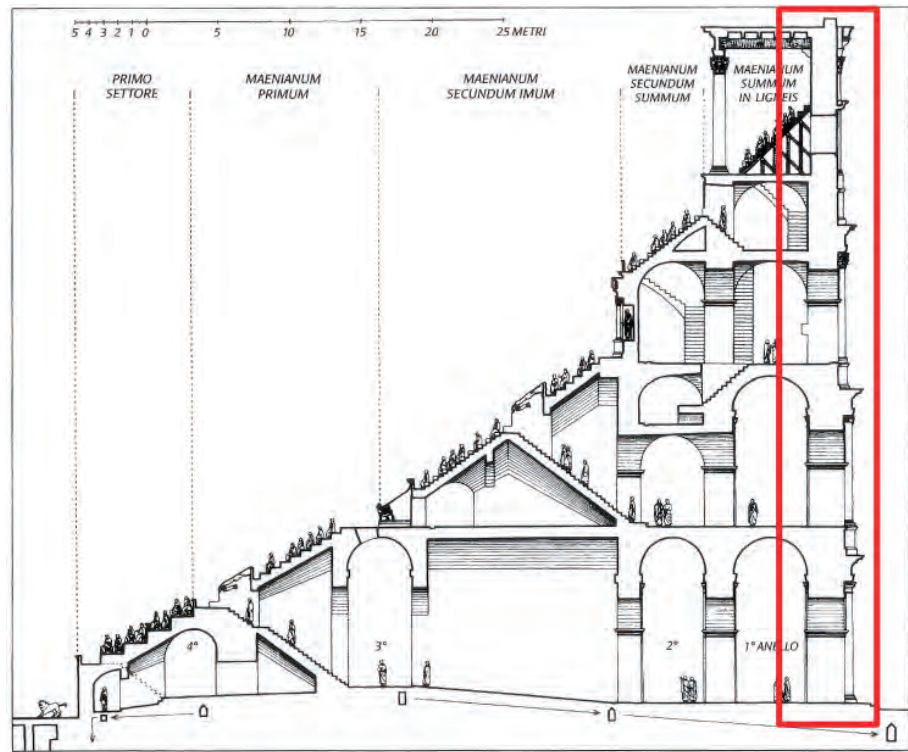


FIGURA III.2-26

Decoración aplicada en los cuatro pisos del Coliseo. Fuente: WILSON JONES, Mark. *Principles of Roman Architecture*. Yale University Press, New Haven, 2000.

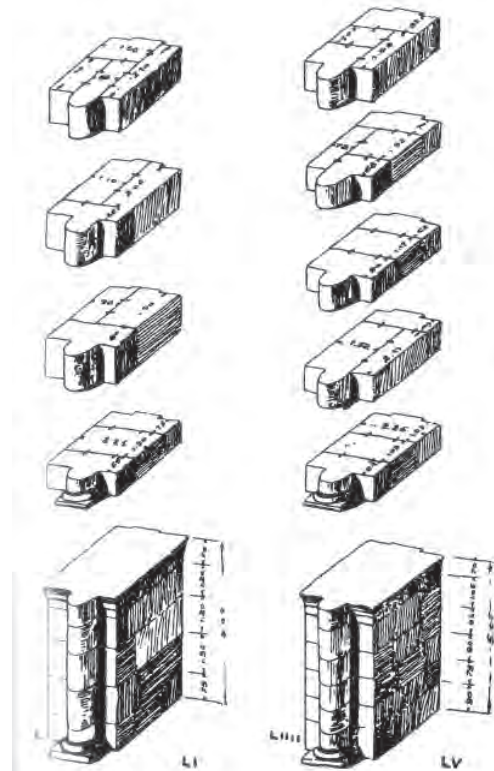


FIGURA III.2-27

Aparejo de la fachada del Coliseo incluyendo las columnas aplicadas. Fuente: TAYLOR, Rabun. *Los constructores romanos. Un estudio sobre el proceso arquitectónico*. Ediciones Akal, Madrid, 2006



FIGURAS III.2-28 y III.2-29 Interior del Coliseo y detalle de los tres pisos superiores de la fachada. El contraste entre los potentes contrafuertes y la esbeltez de las columnas. Fotografías del autor.

En el Coliseo, los romanos adoptan el orden griego para ornamentar la construcción. Establecen una distinción entre construcción y ornamentación, entre la estructura y el vestido de la estructura. Si en el Panteón la estructura se ocultaba porque la idea principal era la Luz, en el Coliseo lo que se busca es dotar a la fachada de una ornamentación, un ritmo, unas proporciones. Se quiere evitar la continuidad monótona de un muro cilíndrico. Y si así lo hicieron, es porque pensaron, en definitiva, que el muro revestido sería más hermoso.

Más adelante, en el Renacimiento, se volvió a ese empleo de los órdenes clásicos con fines ornamentales y no estructurales. Incluso el propio Alberti, en su *De Re Aedificatoria*, nos dice que “la columna es el principal ornamento de la Arquitectura”.<sup>6</sup>

La Iglesia de San Lorenzo en Florencia, de Brunelleschi, nos muestra la realidad de estos edificios cubiertos por el ornamento de los órdenes clásicos. Realizada entre 1421 y 1470, fue terminada por Antonio Manetti a partir del fallecimiento de Brunelleschi en 1446 (figura III.2-30).

El interior sigue un esquema de basílica con planta de cruz latina, tres naves longitudinales con capillas laterales, techo de la nave central adintelada, bóvedas vaídas en los laterales y cúpula en el crucero. Pero la fachada principal nunca se concluyó, y aún permanece como un muro desnudo de ladrillo, con hiladas salientes que hubieran servido para atar la hipotética fachada ornamentada al muro del hastial. Aquí tenemos la sinceridad constructiva de un muro que debería haber quedado oculto (figura III.2-31).

6. ALBERTI, Leon Battista. *De Re Aedificatoria*. Traducción de Javier Fresnillo. Editorial Akal, Madrid, 2007. Primera edición, Roma 1485.

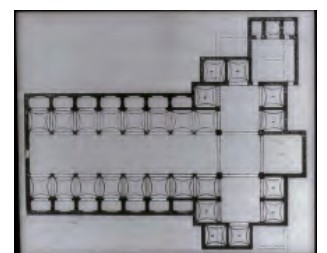


FIGURA III.2-30 Planta de la Iglesia de San Lorenzo, Brunelleschi. Fuente: internet

Las fachadas laterales sí están terminadas, recubiertas por una arca-da ciega de piedra, con un ritmo de pilastras planas que repite hacia fuera el orden de la estructura interior. Se trata de una falsa arcada, no estructural, sólo ornamental, que oculta los verdaderos contrafuertes que sujetan las bóvedas de las naves laterales, y que conforman las capillas interiores (figura III.2-32).



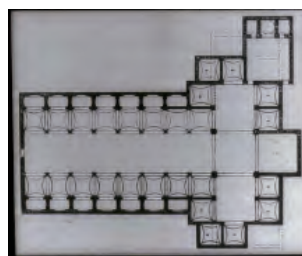
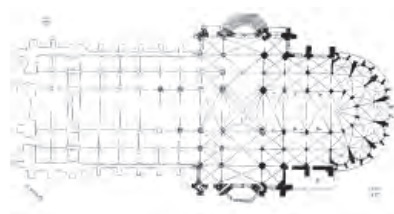
FIGURA III.2-31  
A la derecha. Fachada desnuda de la Iglesia de San Lorenzo. Arriba, detalle de los enjarjes de piedra previstos para recibir la ornamentación de la fachada. Fotografía del autor.



FIGURA III.2-32  
Esquina de la Iglesia de San Lorenzo. El encuentro entre la fachada sin ornamentar y la fachada lateral ornamentada. Fotografía del autor.



FIGURA III.2-33  
Derecha, arriba. Planta de la Catedral de Beauvais. Fuente: HEYMAN, Jaques. *Teoría, historia y restauración de Estructuras de Fábrica*. Instituto Juan de Herrera, ETSAM Madrid, Segunda Edición, 1995.  
Derecha, debajo. Planta de la Iglesia de San Lorenzo. En Beauvais los contrafuertes van por delante del muro de fachada. En San Lorenzo los contrafuertes se ocultan, conformando las capillas interiores.



7.  
ADDIS, Bill. *3000 years of design engineering and construction*, Phaidon Press, London, 2007

8.  
LAUGIER, Marc-Antoine. *Ensayo sobre la Arquitectura*. Editorial Akal, Madrid, 1999. Primera edición, París 1753

Como bien apunta Bill Addis,<sup>7</sup> los contrafuertes de la Iglesia de San Lorenzo no adoptan aquí la clara presencia que sí tenían en la catedral gótica (figura III.2-33). Y también desaparecen los arbotantes. La idea del empuje desaparece de la imagen del edificio. Más adelante dirá Laugier<sup>8</sup> que “los contrafuertes son objetos desagradables que manifiestan demasiado el esfuerzo y el trabajo como para exponerlos a la vista, y se prestaría un gran servicio a la Arquitectura disimulando todos esos contrafuertes allí donde resulten indispensablemente necesarios.”

Esta idea de la vestimenta aplicada sobre la estructura podemos encontrarla en muchos otros edificios de esta época. Como por ejemplo, el Palacio Rucellai en Florencia, construido por Bernardo Rossellino entre 1446 y 1451 siguiendo un diseño de Alberti (figura III.2-34). Cuando llegamos a una de las calles laterales comprobamos que la fachada de piedra no da la vuelta (figura III.2-35). Todo el muro articulado a base de pilastras, arquivoltas y arcos es pura vestimenta. Si comparamos el orden geométrico de la fachada con la distribución de la planta vemos que no tienen una relación directa. El desorden geométrico de la planta contrasta con la regularidad de la fachada. Las pilastras sirven aquí simplemente para introducir un ritmo en la fachada, un orden geométrico. No tienen en absoluto función estructural.



FIGURA III.2-34. Planta y alzado del Palacio Rucellai, Florencia. Fuente: internet

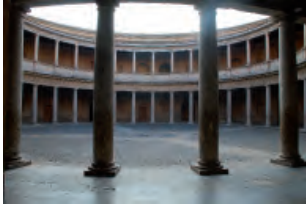
Soluciones similares de estructuras ocultas tras una fachada decorada con elementos estructurales las encontraremos en muchos otros edificios de la época (figura III.2-36). El Palacio Medici en Florencia, la Iglesia de San Andrés de Mantua o Santa María Novella, de Alberti, la Iglesia de San Giorgio Maggiore o la Loggia del Capitano, de Palladio, y el Palacio de los Conservadores, de Miguel Ángel. El gran teórico del Renacimiento, Alberti, llegó a decir que “las columnas, colocadas en gran número adornan un pórtico, un muro y cualquier clase de hueco, y de una en una no dejan de resultar decorativas en cualquier lugar, adornan encrucijadas, teatros, plazas, mantienen un trofeo, sirven a fines conmemorativos, poseen belleza y confieren dignidad”.<sup>7</sup>



FIGURA III.2-35. Esquina del P. Rucellai. Fotografía del autor.



FIGURA III.2-36. De izquierda a derecha y de arriba hacia abajo. Palacio Medici, San Andrés de Mantua, Santa María Novella, San Giorgio Maggiore, Loggia del Capitano y Palacio de los Conservadores. Fuente: Fotografías del autor e internet.



FIGURAS III.2-37 y III.2-38  
Fachada y patio interior del Palacio de Carlos V. Fotografías del autor.

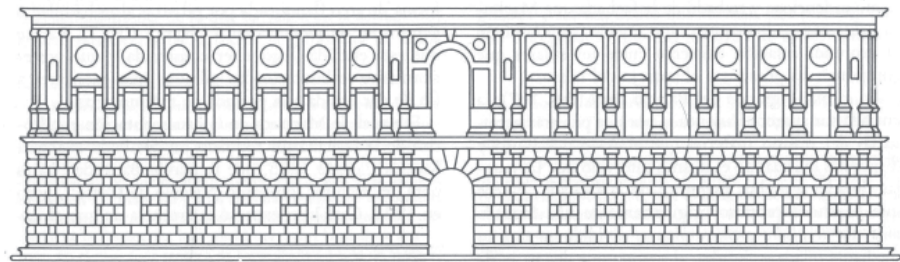


FIGURAS III.2-39  
Planta de Pedro Machuca para el Palacio de Carlos V. Fuente: GALLEGO Y BURÍN, Antonio. *La Alhambra*. Editorial Comares, Granada, 1996. Primera edición, 1963

Otro ejemplo especialmente interesante de Estructura oculta o decorada es el Palacio de Carlos V en la Alhambra de Granada. Aquí vemos el contraste entre la estructura oculta de la fachada, el muro decorado, y la estructura a la vista en el patio cilíndrico, la superposición de pisos (figuras III.2-37 y III.2-38).

En 1526, después de una estancia de varios meses en la Alhambra, a raíz de su enlace matrimonial con Isabel de Portugal, el emperador Carlos V encargó la construcción de este hermoso palacio, contiguo a los palacios nazaries. La construcción se inició en 1531, y se encargó a Pedro Machuca (figura III.2-39).

El edificio se compone de dos plantas, claramente divididas por una cornisa que recorre las fachadas exteriores y también la fachada interior del patio. En el exterior, la planta inferior presenta un tratamiento rústico de sillares almohadillados (*bugnato rustico*) y la planta superior o planta noble, presenta un orden arquitectónico de pilastras que alternan con ventanas. El nivel inferior del patio cilíndrico se articula con columnas de orden dórico que sostienen el diámetro interior de una bóveda anular. El segundo cuerpo utiliza el orden jónico, con columnas menores en altura y diámetro y una galería de techumbre de madera de construcción moderna (figuras III.2-40, III.2-41 y III.2-42).



FIGURAS III.2-40 y III.2-41. Palacio de Carlos V. Reconstrucción del Alzado sur de 1533-1536 y Sección de Domingo Velestá. Fuente: ROSENTHAL, Earl E. *El palacio de Carlos V en Granada*. Alianza Editorial, Madrid, 1988.



FIGURAS III.2-42. Galería superior del Palacio de Carlos V sin techar. Fuente: ROSENTHAL, Earl E. *El palacio de Carlos V en Granada*. Alianza Editorial, Madrid, 1988.



En la fachada tenemos una vestimenta. El muro estructural se reviste y articula con pilastras, sillares, almohadillados, cornisas y frontones. El piso inferior, de 8,45 metros de altura, está revestido con sillares de piedra arenisca que forman un almohadillado y con pilastras, también almohadilladas, en relieve. A continuación una imponente cornisa de piedra volada que resalta la horizontalidad de los pisos. Después viene la segunda planta, que mide 8,52 metros de altura, sin almohadillado, organizada una vez más con pilastras que incluyen su basa y su capitel, y sobre ellas, de nuevo el arquitrabe y la cornisa prominente. Hay una especie de juego entre la verticalidad de las pilastras y la horizontalidad de las cornisas. El aspecto general es de una planta baja a modo de basamento, más rústica, y un piso superior compuesto por un orden de pilastras. Una planta baja más pesante, y una planta primera más ligera.

En el pórtico del patio interior también encontramos con gran claridad la idea de aligeramiento con la altura. Pero la manera de conseguirlo es diferente. Aquí el arquitecto juega con la altura de los pisos, y con la proporción de las columnas y los intercolumnios.

En la fachada exterior hemos visto que los dos pisos tenían una altura similar, en torno a los 8,50 metros. En el patio sin embargo, la planta baja, de 6,68 metros, es considerablemente más alta que la planta primera, de 5,60. Y esta diferencia de alturas está aún más acusada por el peto continuo de piedra de la planta primera, que permite elevar 1,28 metros la basa de las columnas del nivel superior (figura III.2-43).

Las columnas del nivel superior, de 3,52 metros, son más cortas que las columnas de la planta baja, de 5,05 metros de altura. La proporción del intercolumnio del nivel superior es menos vertical que la proporción del intercolumnio de planta baja. También la distancia libre entre columnas es menor en planta baja. Y la relación entre diámetro y altura de fuste es mayor en planta primera que en planta baja. Es decir, que las columnas de planta baja son más robustas, están más próximas entre sí, y la verticalidad de los intercolumnios acentúa aún más esa proximidad. Mientras que las columnas de planta primera son más esbeltas, están más separadas entre sí, y la menor verticalidad del intercolumnio acentúa esa separación. Al igual que ocurría en la fachada exterior, en el patio hay más solidez en planta baja y más ligereza en planta primera. Pero el mecanismo es completamente diferente. En el exterior actúa la vestimenta, la decoración. En el interior actúa la proporción de la estructura (figuras III.2-44, III.2-45, III.2-46 y III.2-47).

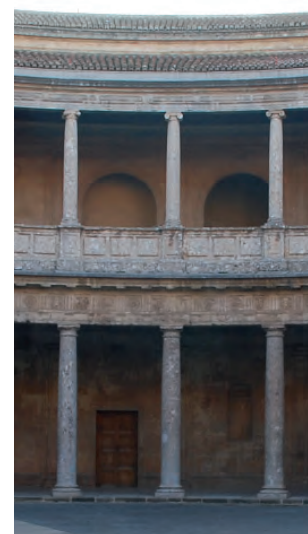


FIGURA III.2-43  
Pórtico del Palacio de Carlos V formado por columnata inferior, arquitrabe, peto y columnata de planta primera. Fotografías del autor.

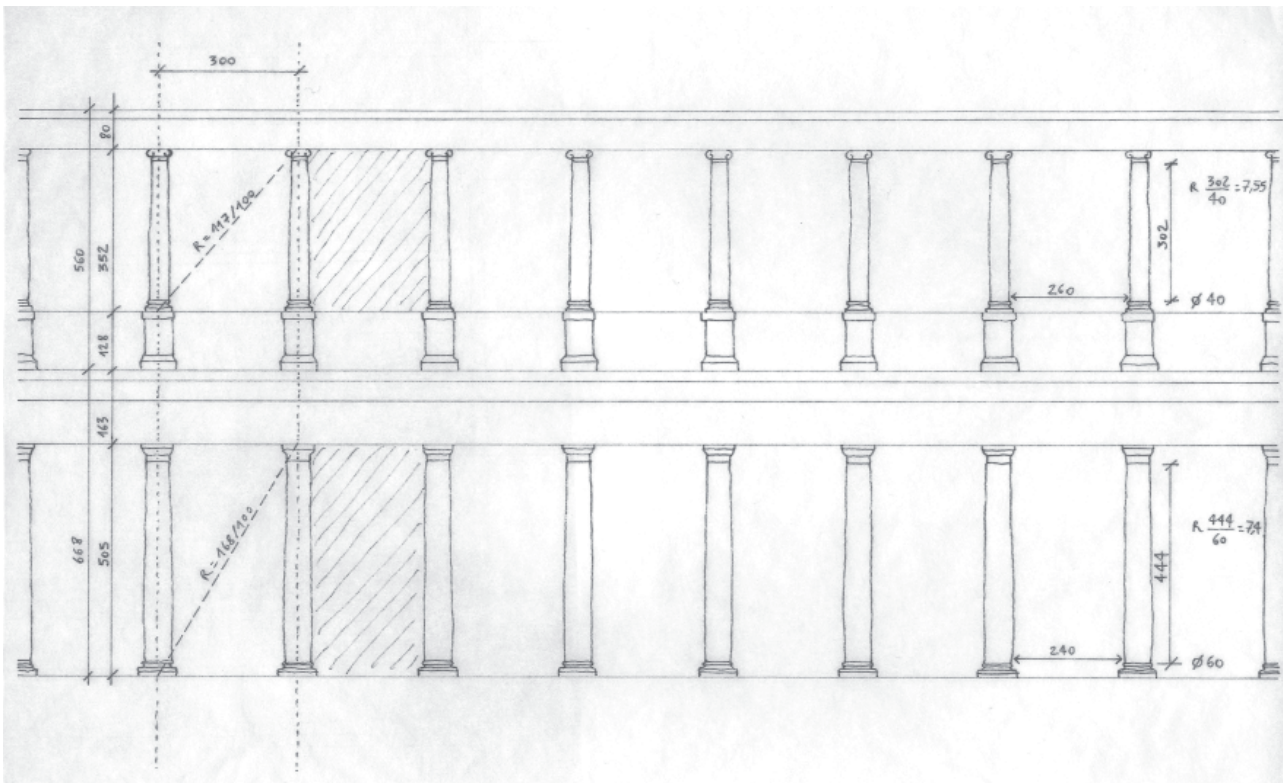


FIGURA III.2-44  
Alzado desplegado de la colum-  
nata del Palacio de Carlos V,  
incluyendo cotas y relaciones  
proporcionales. Dibujo del autor.

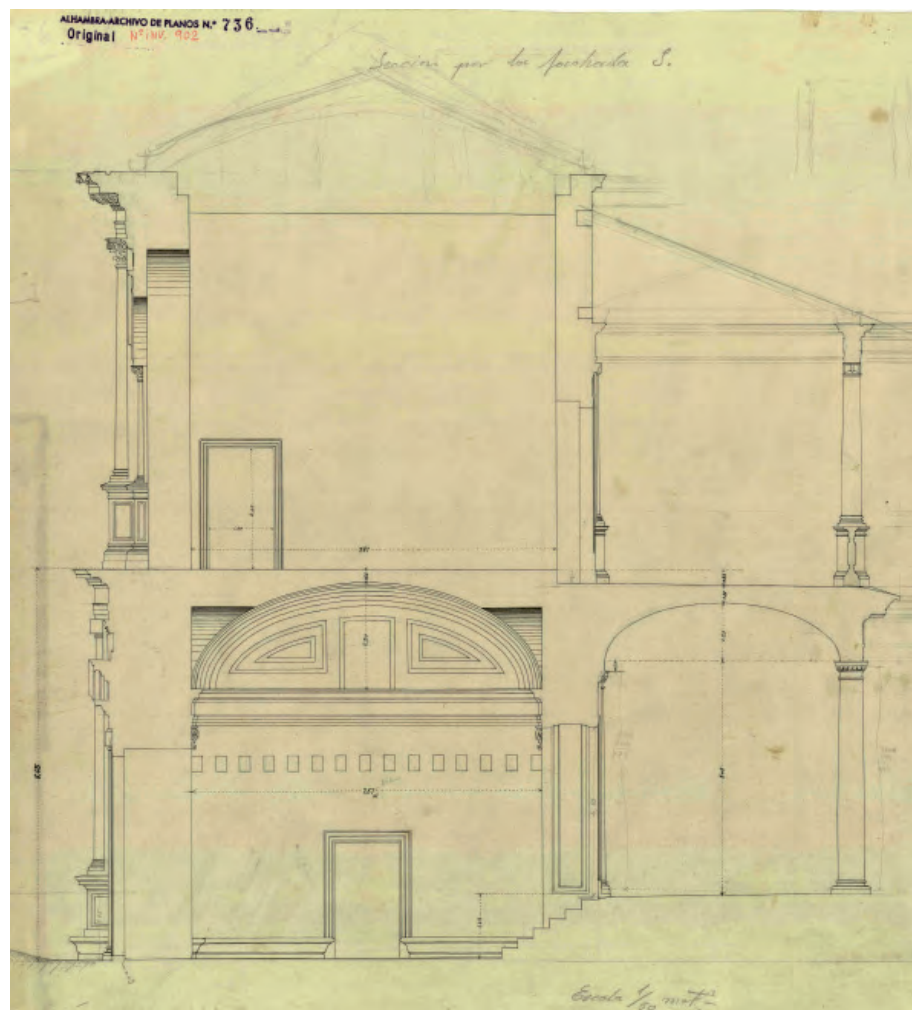


FIGURA III.2-45  
Sección transversal del Palacio  
de Carlos V. Se puede observar  
la diferencia de alturas entre la  
fachada exterior y el patio interior.  
Fuente: Archivo de la Alhambra



FIGURA III.2-46  
 Las relaciones proporcionales nos demuestran una mayor densidad de columnas en planta baja. Las columnas del nivel superior son más esbeltas, y parecen más distanciadas entre sí. Las columnas del nivel inferior son más robustas, y parecen más próximas entre sí, debido a la mayor verticalidad del intercolumnio.  
 Fotografía del autor.

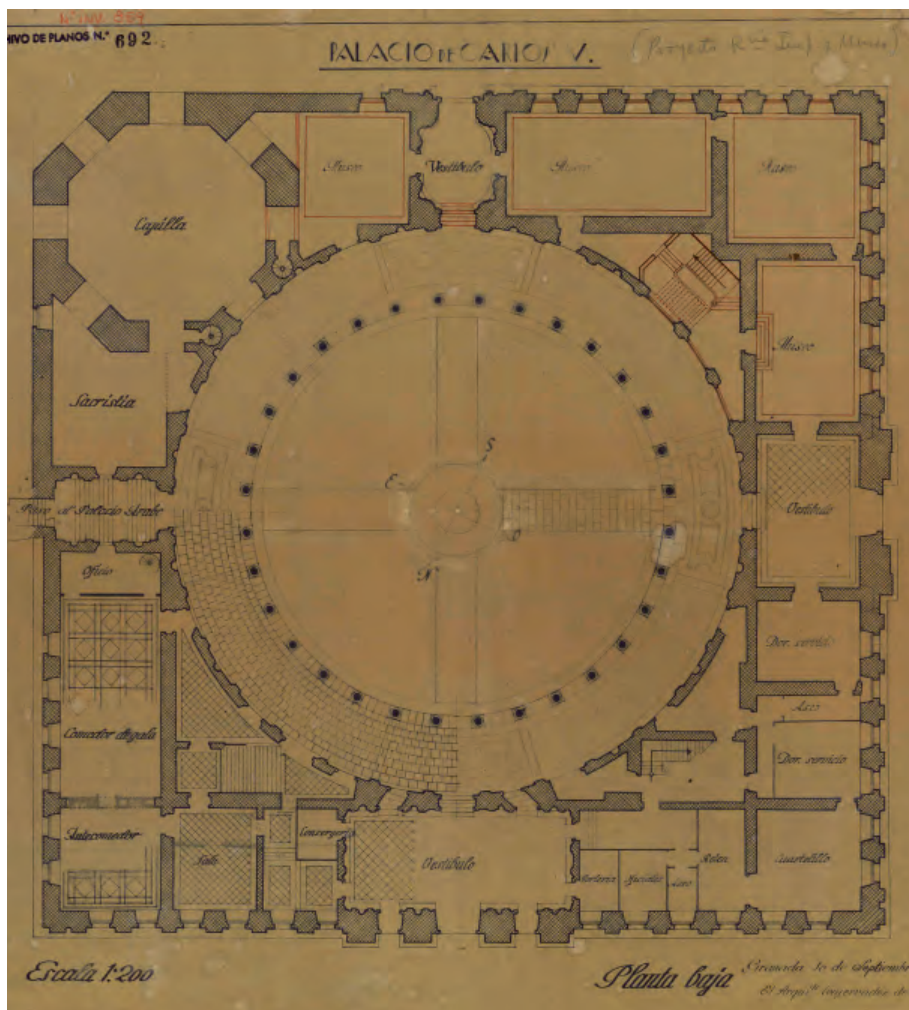


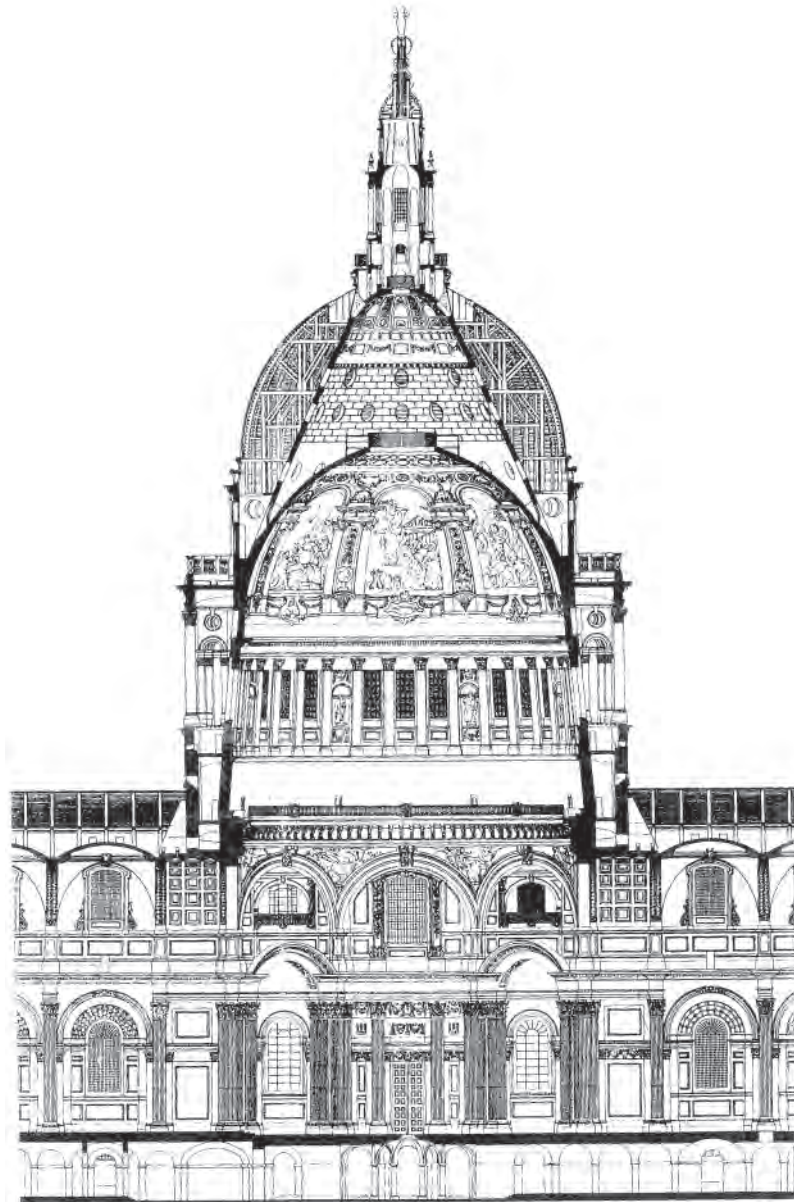
FIGURA III.2-47  
 Planta del Palacio de Carlos V. La fachada mural, continua y revestida del exterior vs. la fachada puntual, discontinua y sin revestir del patio interior.  
 Fuente: Archivo de la Alhambra

### III.2.3. OTROS EJEMPLOS

En 1670 Christopher Wren recibió el encargo de proyectar la mayor parte de las iglesias que habían quedado destruidas en el gran incendio de Londres de 1666, y entre 1675 y 1710 se puso en pie la catedral de San Pablo. Su cúpula, de 111 metros de altura y 32 metros de diámetro interior es especialmente interesante por su perfil parabólico, y porque está revestida a su vez de otras dos cúpulas (figura III.2-48).

FIGURA III.2-48

Sección transversal de la Cúpula de San Pablo de Londres, Christopher Wren, 1675-1710. Fuente: HEYMAN, Jaques. *El esqueleto de piedra. Mecánica de la arquitectura de fábrica*. Instituto Juan de Herrera, ETSAM Madrid, 1999. Traducción de Gema López Manzanares.



9.

En 1670 Robert Hooke señaló esta relación entre el arco y la catenaria, con este sencillo enunciado: *“Ut pendet continuum flexile, sic stabit contiguum rigidum inversum.”* (Como cuelga un cable flexible, así invertido se encuentran las piezas de un arco rígido) (figura III.2-49). Y esta relación sirvió a Christopher Wren para calcular la cúpula de la Catedral de San Pablo en Londres o a Giovanni Poleni para determinar la línea de empujes en la cúpula de San Pedro del Vaticano (figura III.2-50).

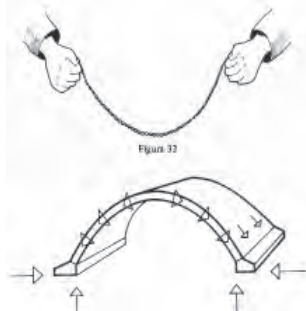


FIGURA III.2-49

Fuente: ROSENTHAL, Werner H., *La estructura*. Editorial Blume, Barcelona, 1975.

El diseño fue posible gracias a las teorías sobre la estática de Robert Hooke, que decía que la forma más adecuada para un arco era la de una cadena invertida.<sup>9</sup> El perfil parabólico de la cúpula permite dirigir el enorme peso de la linterna, unas 1000 toneladas, minimizando en gran parte los empujes horizontales. Gracias a esta sección, y a los anillos de hierro que Wren colocó en su base, la cúpula puede elevarse sobre un tambor sin necesidad de contrafuertes directos, y tiene una mayor presencia en la ciudad.

Pero aparte del gran ingenio técnico, es interesante resaltar cómo esta cúpula parabólica está revestida tanto por el exterior como por el interior. El revestimiento interior es una concha semiesférica de ladrillo, ligera, con un óculo. El revestimiento exterior es una cúpula semiesférica cubierta de plomo, que gracias a una estructura de madera, apoya en la cúpula parabólica de ladrillo. Ni desde el interior del templo, ni desde el exterior, se puede ver la verdadera cúpula de San Pablo: el perfecto perfil que recoge los esfuerzos sin apenas provocar empujes horizontales (figura III.2-51).

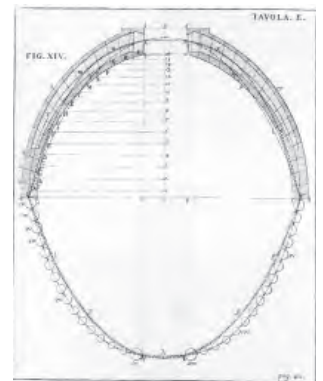


FIGURA III.2-50  
 Fuente: RYKWERT, Joseph. *Los primeros modernos. Los arquitectos del siglo XVIII*. E. Gustavo Gili, Barcelona, 1982.

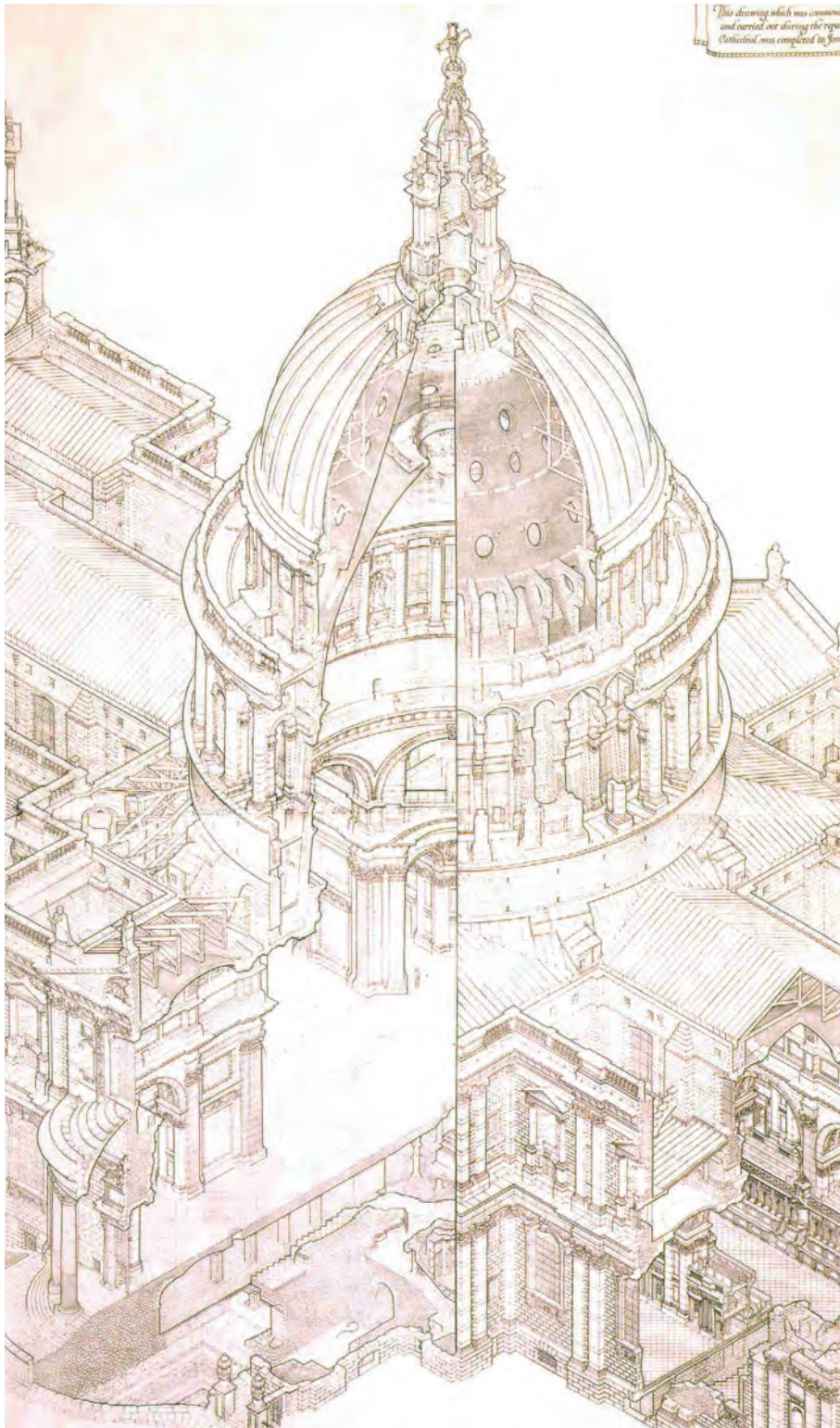


FIGURA III.2-51  
 Axonometría de la cúpula de San Pablo. Dibujo de Mervyn Edmund Macartney  
 Fuente: ADDIS, Bill. *3000 years of design engineering and construction*, Phaidon Press, London, 2007

El arquitecto quiso que la imagen exterior fuera una cúpula clásica. Fue una cuestión más allá de lo puramente mecánico y técnico.

Gracias a la sección parabólica y al tambor, la cúpula de San Pablo (3) adquiere una presencia mucho mayor que la que ofrecen las cúpulas del Panteón de Roma (1) o de Santa Sofía (2), más achatadas. La cúpula del Panteón tiene que apoyar directamente sobre los gruesos muros, no puede elevarse. Y la cúpula bizantina ha de apoyar directamente sobre sus arcos de descarga (figura III.2-52).

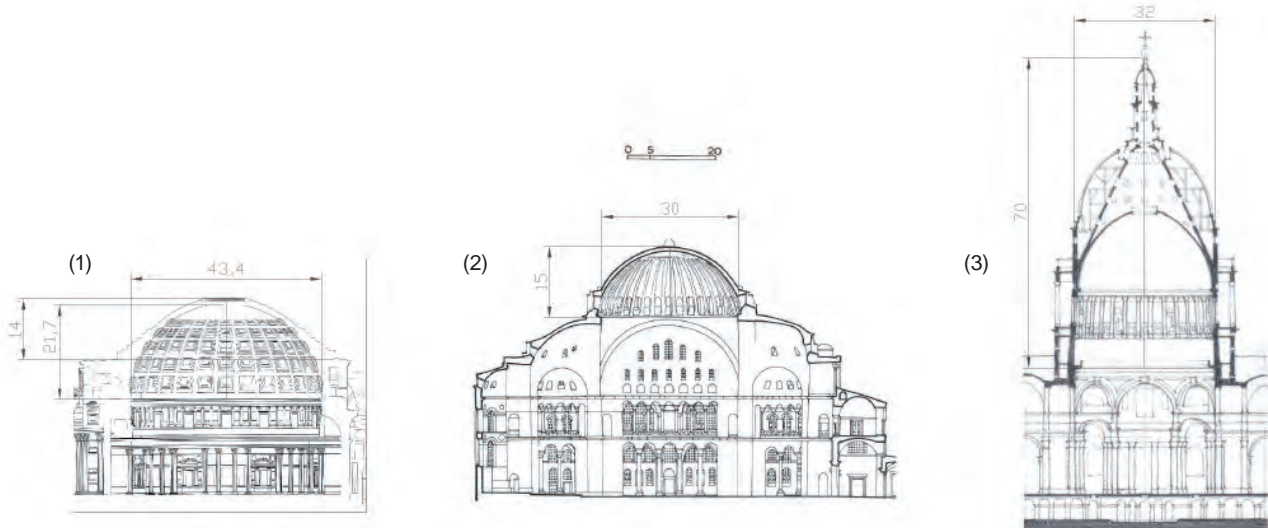
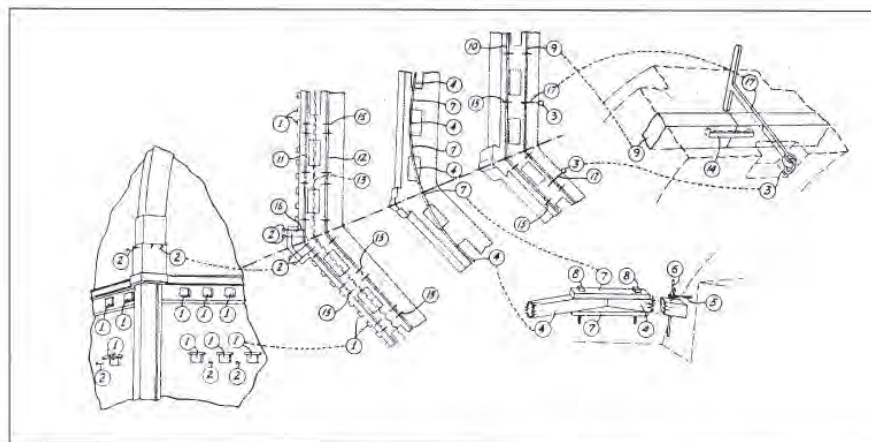


FIGURA III.2-52  
Comparación de las cúpulas del Panteón de Roma, Santa Sofía y San Pablo de Londres. Dibujo del autor sobre planimetría de Wilson Jones, Norberg Schulz y Francis D.K. Ching

Y gracias también a su sección parabólica, Christopher Wren consigue una cúpula mucho más esbelta que la de Santa María dei Fiore de Brunelleschi (4), o la de San Pedro del Vaticano (5). También las dos últimas están elevadas sobre un tambor, y también en ellas sus arquitectos recurren a cadenas de atado en su base (figura III.2-53). Pero ni la cúpula de Brunelleschi, con una esbeltez de 1,58 (relación entre altura de la cúpula desde la base del tambor y diámetro interior de la cúpula 68/43), ni la cúpula de San Pedro, con una esbeltez de 1,81 (78/43), alcanzan la enorme esbeltez de la cúpula de San Pablo (6), 2,18 (70/32) (figuras III.2-54, III.2-55 y III.2-56).

FIGURA III.2-53  
Cadenas de atado de la cúpula de Santa Maria dei Fiore, según Prager y Scaglia. Fuente: CASTEX, Jean. *Renacimiento, Barroco y Clasicismo. Historia de la Arquitectura 1420-1720*. Editorial Akal, Madrid, 1994. Traducción: Juan Calatrava.



8. Las cadenas de la cúpula (según Prager y Scaglia). Sus huellas son visibles exteriormente en los puntos en que no se instaló el revestimiento de mármol (izquierda). Se escalonan tres cadenas que muestran tres planos sucesivos: en la base, tres cadenas muerden sobre bloques transversales (1); la cadena de madera (4) aparece al lado detallada: placas de metal (7) bulonadas (8) aseguran la trabazón de las piezas de madera; finalmente, daos cuenta de cómo sobre la doble cadena del tercio inferior (9) los bloques de piedra dura (9) están grapados entre sí (14) y solidarizados con la albañilería por tirantes de metal o apoyos (17).

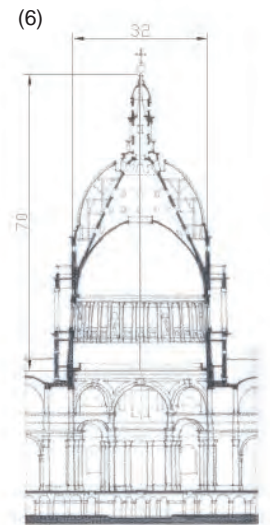
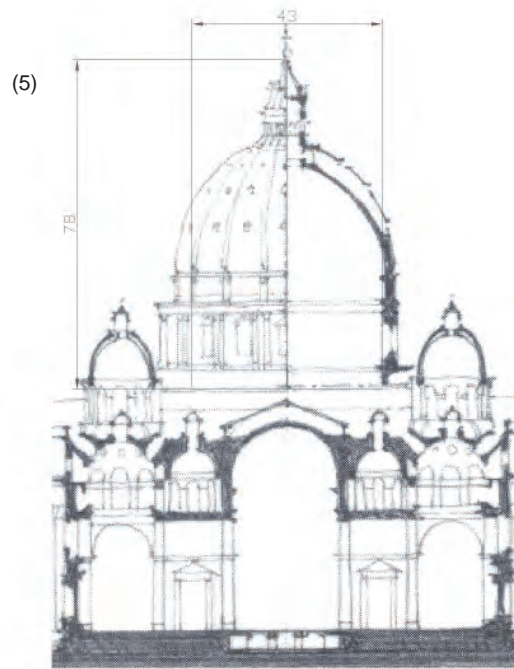
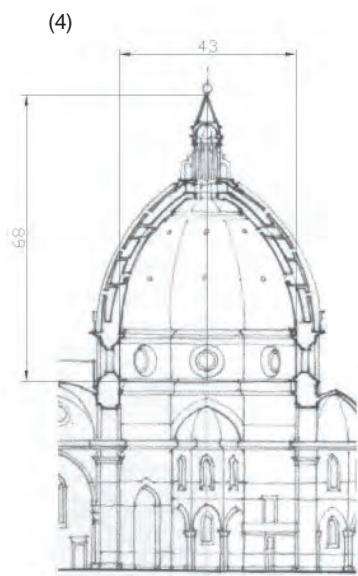


FIGURA III.2-54  
Comparación de las cúpulas de Santa Maria dei Fiore, San Pedro del Vaticano y San Pablo de Londres. Dibujo del autor sobre planimetría de Francis D.K. Ching

FIGURAS III.2-55 y III.2-56  
Vista exterior e interior de la cúpula de San Pablo. Fuente: internet



FIGURA III.2-57  
Panteón de París.

Fuente: PICARD. *Le Panthéon. Symbole des révolutions*. Catálogo de la exposición celebrada en Montreal en 1989. Centre Canadien d'Architecture à Montréal, Picard Éditeur, Montreal, 1989.

El Panteón de París, 1757-1792, con su estructura de piedra armada, es otro modelo de estructura oculta (figura III.2-57). Su arquitecto, Soufflot, emplea aquí barras de hierro embutidas en la piedra para soportar las flexiones, en una especie de anticipo del hormigón armado que hoy empleamos (figura III.2-58). El uso del hierro le permitió construir un entablamento de muy poco canto en el pórtico de entrada. Aunque no fue Soufflot el primero en emplear el hierro embutido en la piedra. Claude Perrault, en 1670, lo empleó en la columnata del Louvre, también en París (figura III.2-59). El armado no sólo le permite el uso de dinteles de piedra, sino que también le servirá para reducir los empujes de las bóvedas del interior.

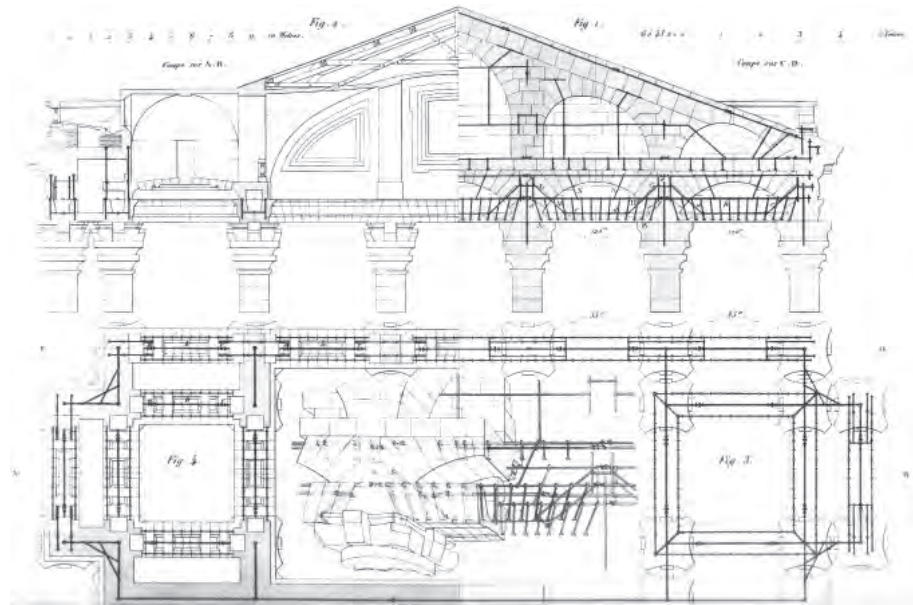


FIGURA III.2-58  
Armado del pórtico del Panteón de París según Rondelet.  
Fuente: RONDELET, J. *L'Art de Bâtir*. 10ª Edición, París, 1843. Edición facsímil del Instituto Juan de Herrera, Fondo antiguo de la ETSAM, Madrid 2001.

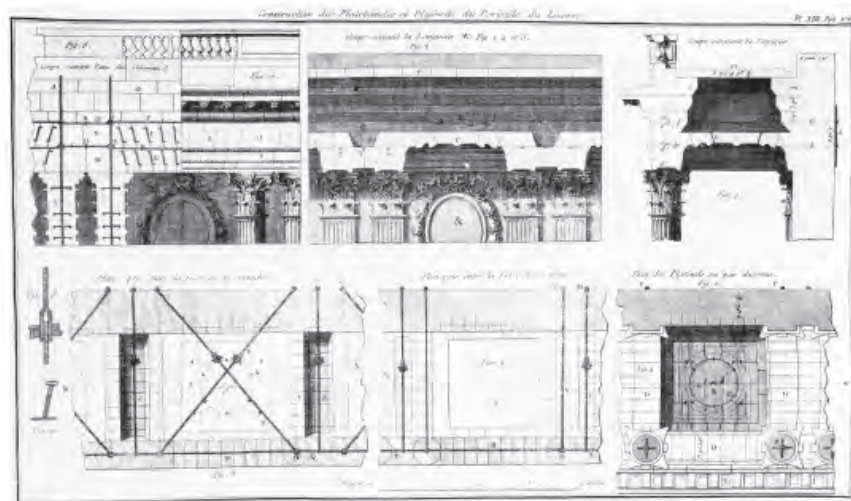


FIGURA III.2-59  
Armado de la columnata del Louvre según Patte.  
Fuente: RYKWERT, Joseph. *Los primeros modernos. Los arquitectos del siglo XVIII*. Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 1982. Primera Edición, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1980

En el siglo XIX encontramos ejemplos de estructuras de hierro tras una fachada clásica de piedra, como la Biblioteca de Sainte Genevieve, de Henri Labrouste, París, 1851 (figura III.2-60), o el Edificio Wainwright de Sullivan, en Chicago, 1890 (figura III.2-61). Hay en estos casos una aparente contradicción entre la estructura de hierro o acero y la fachada clásica de piedra. Y en la fábrica de turbinas de Peter Behrens, Berlín, 1909, también vemos el contraste entre la fachada principal, con unas esquinas muy masivas de hormigón no estructurales, y la estructura ligera de acero que sí queda vista en el interior (figura III.2-62). También la Estación de Francia en Barcelona, 1929, es otro buen ejemplo de estructura oculta (figura III.2-63).



FIGURA III.2-60  
Biblioteca de Sainte Genevieve; arquitecto, Henri Labrouste; París, 1851. Fuente: Internet



FIGURA III.2-61  
Wainwright Building; arquitecto, Louis Sullivan; Chicago, 1890. Fuente: Internet



FIGURA III.2-62  
Fábrica de Turbinas; arquitecto, Peter Behrens; Berlín, 1909. Fuente: Izquierda, fotografía del autor. Derecha, Internet



FIGURA III.2-63  
Estación de Francia; arquitectos, Pedro Muguruza y Raimon Duran i Reynals; Barcelona, 1929. Fuente: Izquierda, fotografía del autor. Derecha, Internet

### III.2.4. CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA OCULTA

Como vimos en el Panteón de Roma, la estructura se oculta o se pone en un segundo plano cuando se quiere destacar en su lugar otra idea, como la idea del Espacio o la Luz. Y también cuando se quiere aparentar que la estructura es más ligera de lo que realmente es. Las esbeltas columnas corintias que flanquean los nichos del Panteón no podrían nunca resistir el enorme peso de la cúpula. Y de hecho como hemos comprobado, son unas columnas descargadas de toda función sustentante. Solo resisten su peso propio y el peso propio del arquite que descansa sobre ellas. Pero al colocarlas el arquitecto en un primer plano, y al ocultar los enormes arcos de descarga que llevan el peso de la cúpula a los ocho grandes machones del muro cilíndrico, parece querer fingir que el peso de la cúpula no es tal, y que esas esbeltas columnas son capaces por sí solas de sostenerla. Nada más lejos de la verdad.

1. Una estructura se oculta, bien al servicio del espacio, o de la luz, o bien para fingir otra estructura diferente de la real. Ocultar una estructura no significa negarla ni quitarle importancia. La muestra está en que los arquitectos romanos, grandísimos constructores de potentes estructuras, emplearon cuando lo necesitaron este mecanismo arquitectónico.

En el segundo apartado de este capítulo se exponía la idea de estructura como ornamento. Los enormes muros del Coliseo se convierten en fachada en una delicada composición de órdenes clásicos, que no tienen nada que ver con la estructura real, pero sirven para decorar la fachada, y para introducir un juego de ritmos y proporciones, diferentes a las que tendríamos si la fachada no estuviera decorada. Una estructura muraria, de arcos y bóvedas, se reviste con una estructura sin función portante, sólo decorativa, y que además se basa en un principio diferente al del muro, el arco y la bóveda; la columna y el dintel. También la fachada de la iglesia de San Lorenzo, y especialmente la fachada del Palazzo Rucellai reflejan un orden estructural diferente del orden interior. La arcada en relieve de la fachada lateral de San Lorenzo está ocultando un sistema de contrafuertes. La fachada regular y ordenada del Palazzo Rucellai está ocultando un orden espacial irregular. Es mucho más “verdadera” la fachada lateral del palacio, aquella en la que la piel decorativa se interrumpe, y en la que sí se abren los huecos que los espacios interiores están pidiendo.

2. Y es que la estructura como ornamento, como vestido, no sólo oculta la estructura real, sino que altera la imagen de la fachada y da una impresión del espacio interior que no coincide necesariamente con la realidad.

El caso del Palacio de Carlos V es especialmente interesante. La fachada exterior y la fachada del patio interior buscan un efecto visual similar con dos mecanismos muy diferentes. La textura de la piedra y la decoración de la fachada exterior promueven la lectura de esta fachada como un piso ligero sobre un basamento más pesado. Y la

fachada interior busca también ese efecto de aligeramiento pero modificando la proporción y dimensión de las columnas. La fachada exterior es un muro decorado. La fachada interior es un pórtico adaptado. Por fuera la estructura se oculta. Por dentro la estructura se muestra, con ciertas alteraciones.

Y esta alteración formal de la estructura también podríamos considerarla como un apartado de la Estructura oculta. Pues se trata de una alteración basada no en la mecánica de la estructura, sino en su apariencia visual. Cuando Pedro Machuca decide arrancar las columnas del nivel superior del patio más de un metro por encima de su correspondiente suelo, está ocultando el punto en el que el piso primero descansa sobre el piso inferior.

3. Y ese ocultar la verdad de la estructura real, modificando sus proporciones, es un mecanismo arquitectónico tan poderoso, como el mostrar la verdad de la estructura. La Historia así nos lo ha demostrado.

La catedral de San Pablo es otra clara muestra. Los avances tecnológicos y científicos nos procuran una cúpula mecánicamente muy eficiente, pero visualmente muy arriesgada para Christopher Wren, que prefirió dejarla oculta. Y qué decir del armado oculto en el arquitrabe del Panteón de Paris, o en la columnata del Louvre. O de los arcos de hierro de la Biblioteca de Labrouste, o de la Estación de Francia, que no se muestran en la fachada. O de la Estructura de hierro del Wainwright building, revestida de ladrillo, piedra y otros ornamentos. Aquí estamos hablando de una estructura de hierro y acero latente, que todavía no ha sabido expresarse formalmente. Son edificios de transición, imbuidos en su época, pero que anteceden a las estructuras dominantes de acero y hormigón armado de hoy en día.

4. Aquí tenemos otro modo de estructuras ocultas. Cuando las nuevas estructuras y los nuevos materiales se mezclan con las estructuras y los métodos tradicionales. Cuando hay un choque de estilo. Cuando el arquitecto introduce nuevos sistemas estructurales, pero quiere conservar la imagen clásica o tradicional del edificio.



### III.3 ESTRUCTURAS ILUSORIAS: ALHAMBRA + SANTA SOFÍA

El tercer grupo de estructuras históricas que queremos estudiar lo agrupamos bajo el epígrafe de Estructuras Ilusorias. Estructuras a la vista y Estructuras ocultas representan dos caras antagónicas de una misma idea. La estructura puede estar en primer plano, como idea esencial de lo que el arquitecto quiere expresar, el caso del Partenón por ejemplo, o puede quedar en un segundo plano, cuando es otra idea la que toma protagonismo, como en el caso del Panteón de Roma. En este tercer apartado vamos a ver estructuras que se manipulan en busca de un efecto ilusorio, bien sea gravitatorio, bien de otro tipo. Y el principal ejemplo al que vamos a recurrir en este caso será el de la Alhambra de Granada.

El espacio cerrado, limitado por (1) muros, (2) arquerías y (3) bóvedas, es el elemento más importante de la arquitectura islámica. A ello se suma, según George Michell, la poca atención que se concede al aspecto exterior o a la visibilidad de toda estructura, e incluso el hecho de que casi toda la decoración, salvo excepciones, se reserva para la articulación y embellecimiento del interior.<sup>1</sup> Vamos a hacer un recorrido por tres lugares de este palacio: La Sala de Dos Hermanas (II.3.1), la Fachada de Comares (II.3.2), y el Patio de los Leones (II.3.3).

1. MICHELL, George. *La Arquitectura del Mundo Islámico*. Alianza Editorial, Madrid, 1985. Primera edición, Londres, 1978.



### III.3.1. LA CÚPULA EVANESCENTE DE DOS HERMANAS

La Sala de las Dos Hermanas es un espacio cuadrangular, de 8 metros de lado y 16 metros de altura, dispuesto en el lado norte del Patio de los Leones (figuras III.3-01 y III.3-02). Se sabe que aquí habitó con sus hijos la madre de Boabdil después de ser repudiada por Muley Hasan. El nombre de Dos Hermanas con el que se conoce esta sala es moderno y debe tener su origen en la leyenda de que en ella vivieron cautivas dos hermanas que murieron de amor contemplando las escenas galantes del jardín cercano. Antes se la llamó Sala de las Losas, por las dos piezas de gran tamaño que se ven en su pavimento de mármol, en el centro del cual hay una pila para recoger las aguas que brotan de un surtidor.<sup>2</sup>

La estancia está cubierta con una grandiosa cúpula de mocárabes de planta octogonal, compuesta por más de cinco mil prismas y apoyada sobre trompas de ángulo, también de mocárabes, terminadas en columnillas. En la base de la cúpula se abren varias ventanas que recortan con su luz el perfil de la bóveda, y en su decoración se leen los elogios de Ibn Zamrak, el poeta de la Alhambra: *“He aquí una cúpula que por su altura se pierde de vista; en ella las bellezas se ven confusa y alejadamente”*.<sup>3</sup> (Figura III.3-03)

2.  
GALLEGO Y BURÍN, Antonio.  
*La Alhambra*. Ed.Comares,  
Granada, 1996. 1ª ed., 1963

3.  
GARCÍA GÓMEZ, Emilio.  
*Ibn Zamrak, el poeta de la Alhambra*. Patronato de la Alhambra, Granada, 1975

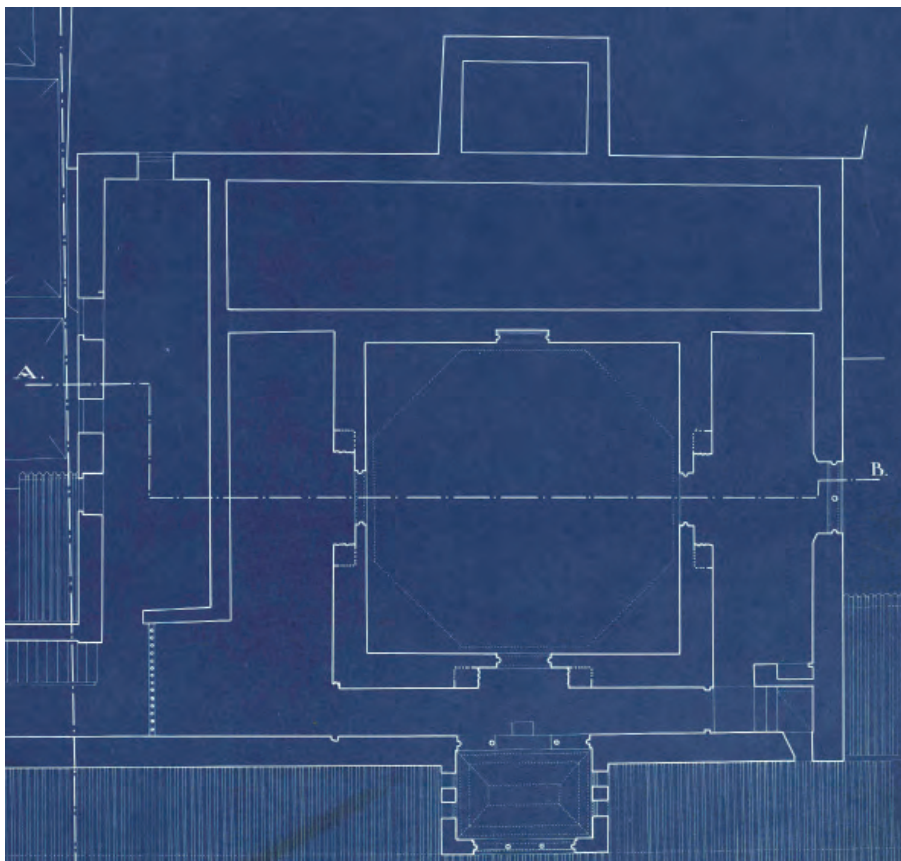


FIGURA III.3-01  
Planta de la Sala de Dos Hermanas. Fuente: Archivo de la Alhambra.

FIGURA III.3-02  
Sección de la Sala de Dos Her-  
manas. Fuente: Archivo de la  
Alhambra.



FIGURA III.3-03  
Cúpula. Sala de Dos Hermanas.

Los versos del poeta nos ponen en aviso. Lo que nos llama la atención de este espacio es el empleo de dos mecanismos, uno geométrico y otro decorativo, que en conjunto generan la sensación de un espacio vertical que se pierde en el infinito.

A medida que el espacio crece en vertical, asistimos a un sutil cambio en la sección horizontal, que pasa del cuadrado de la planta baja al octógono de la planta primera, hasta llegar a la cúpula, en la que el juego de mocárabes diluye el octógono progresivamente en polígonos que se van aproximando desde la circunferencia hasta el punto de fuga de una perspectiva ilimitada (figura III.3-04)

Y a este mecanismo geométrico se le suma el efecto luminoso de la cúpula de mocárabes. El techo de mocárabes es una técnica puramente decorativa, ya que no permite construir estructuras resistentes. Para componerlos se partía de una serie de prismas triangulares o cuadrangulares de diferentes secciones; dumbaques, jairas, conças y medios cuadrados, que se cortaban por su extremo visto, y que permitían una variada gama de combinaciones. La forma más corriente de combinarlos era el racimo colgante. Como los cortes siempre suponían un desfase entre la altura de los prismas, los conjuntos así formados se van escalonando en altura ascendente o descendente (figura III.3-05).

Los mocárabes podían ser de madera o de otros materiales. En el caso que nos ocupa son de yeso (figura III.3-06). La sección constructiva la extraemos de un texto de Ronald Lewcock sobre técnicas constructivas de la arquitectura islámica. La bóveda de yeso se cuelga de la parte superior por medio de un sistema de sujeciones de madera unidas con pegotes de yeso a la auténtica estructura superior, que podía ser de ladrillo, piedra o madera.

La cúpula de mocárabes ofrece una multiplicidad de planos para que la luz rompa por difusión en todas las direcciones, en un juego reverberante, similar al puntillismo (figura III.3-07). La superficie se fragmenta en miles de puntos de luz que por contraste se leen a distintas profundidades en el espacio, con el consecuente efecto de disolver los contornos y la geometría. El resultado es un efecto óptico. La superficie recubierta y su posición en el espacio aparecen como borrosas, indefinidas, inconcretas. La imagen borrosa, como desenfocada, se asocia a los objetos distantes y unida al efecto geométrico de paso progresivo del cuadrado al círculo genera una dilatación vertical del espacio. De ahí la expresión del poeta sobre la cúpula que se aleja. El techo se pierde (figura III.3-08).

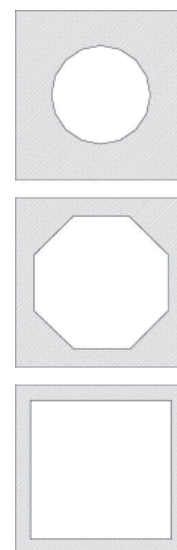


FIGURA III.3-04 Secciones horizontales de la Sala de Dos Hermanas. Sección cuadrada en planta baja, sección octogonal en planta primera, y sección circular en la cúpula. Dibujo del autor.

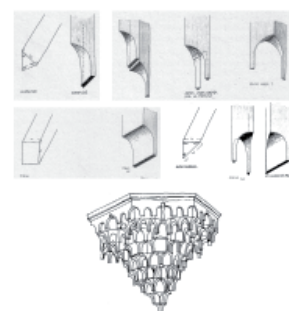


FIGURA III.3-05 Perfiles tipo y racimo de mocárabes de madera. Fuente: NUERE MATAUCO, Enrique, *Nuevo Tratado de la carpintería de lo blanco*, Ed. Munilla-Lería, Madrid, 2001

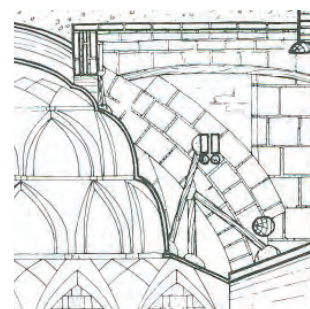


FIGURA III.3-06 Sección de una bóveda de mocárabes según R. Lewcock. Fuente: MICHELL, G. *La Arquitectura del Mundo Islámico*. Alianza Ed., Madrid, 1985.

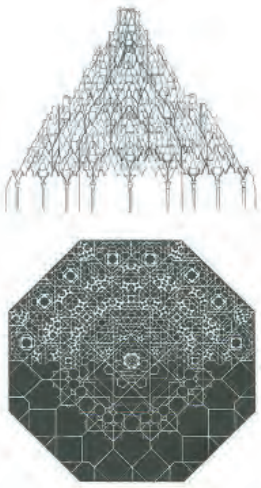
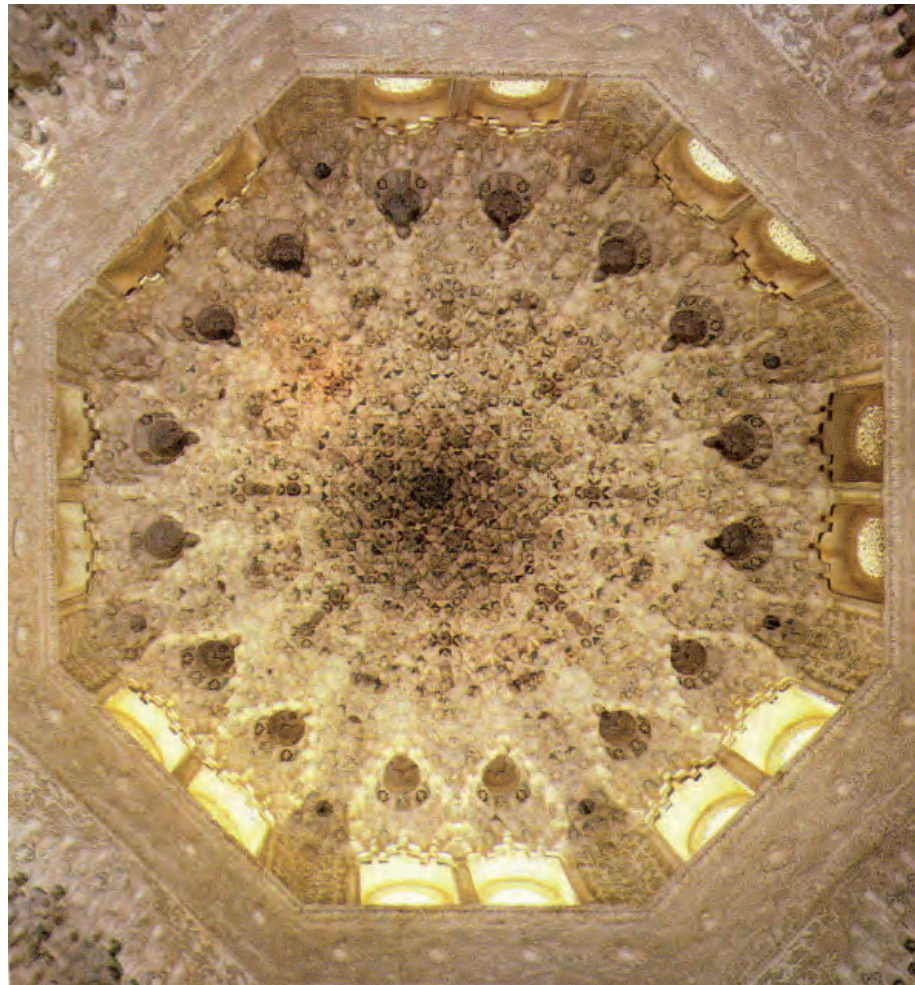


FIGURA III.3-07  
Planta y alzado de la cúpula de mocárabes de Dos Hermanas. Fuente: GRABAR, Oleg. *La Alhambra*. Alianza Ed., Madrid, 2006. 1ª edición, 1978.

FIGURA III.3-08  
La indefinición del techo de Dos Hermanas. Fuente: GALLEGO Y BURÍN, Antonio. *Granada. Guía artística e histórica de la ciudad*. Editorial Don Quijote, Granada, 1982. Edición actualizada por Francisco Javier Gallego Roca. 1ª edición, 1961



Para potenciar el efecto lumínico, la base de la cúpula se ilumina de manera indirecta a través de dieciséis ventanas repartidas en todo su perímetro. La luz no rompe directamente sobre los mocárabes, sino que previamente se refleja en los alféizares de mármol y atraviesa la superficie calada de las celosías (figura III.3-09). Así tratada, la iluminación se comporta como un velo dispuesto sobre la superficie, un velo cuya forma no varía con el paso del tiempo, a pesar de que la luminaria, esto es, el sol, sí se desplaza. De esta manera el efecto del espacio que se aleja con la altura es constante y no depende de un momento concreto.

Para entender mejor la estructura interior de esta cúpula, podemos estudiar la sección constructiva de Pavón Maldonado, junto con dos secciones del Alcázar del Genil, un palacete almohade del siglo XIII construido en tiempos del califa al-Muntasir, en Granada, y que también presenta mocárabes en su cúpula (figura III.3-10). En el interior se esconde una doble armadura de madera, la superior, para la cubierta, y la inferior desde la que se descuelgan los mocárabes.

Qué gran diferencia encontramos entre esta cúpula de mocárabes y la bóveda nervada de la catedral gótica. Aquí no interesa mostrar la sustentación del techo ni cómo los pesos se transmiten. Aquí lo que vemos es un falso techo ocultando la verdadera estructura de cubierta. Un falso techo que construye un trampantojo, la sensación de una cúpula que se disuelve y se aleja.

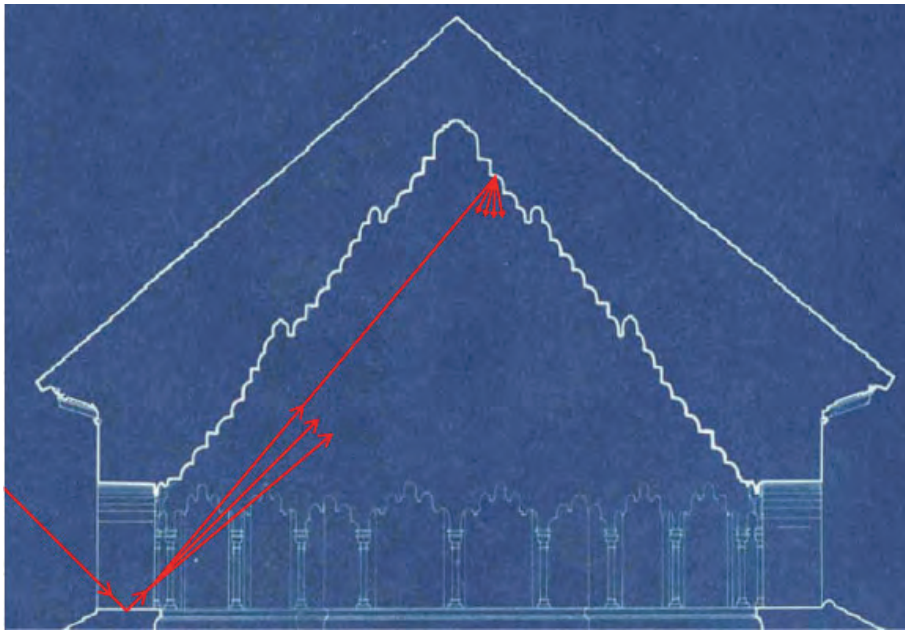


Figura III.3-09.  
Reflexión de la luz en la cúpula de mocárabes. La luz se refleja en el alféizar de piedra y se transmite de manera difusa a través de la celosía de la ventana. Los reflejos indirectos que llegan a los cinco mil prismas de la cúpula salen de nuevo desperdigados en múltiples direcciones. Las múltiples reflexiones de la luz se leen como un velo superpuesto sobre la superficie. Fuente: Dibujo del autor sobre planimetría del Archivo de la Alhambra.

Este efecto será un recurso habitual de la arquitectura islámica. Los arquitectos islámicos perfeccionaron un tipo de decoración en el que la luz reverberaba, generando la ilusión de disolución de sus elementos portantes, una epidermis con un fuerte impacto óptico. Los dibujos entrelazados, las variaciones de color y de textura, los mosaicos, azulejos o las superficies talladas, y las formas que se repiten, aumentando o disminuyendo de tamaño crean la ilusión de diferentes planos que se pierden en la profundidad y que conducen la mirada más allá del plano material en el que se desarrollan, ya sea muro, bóveda o cúpula.

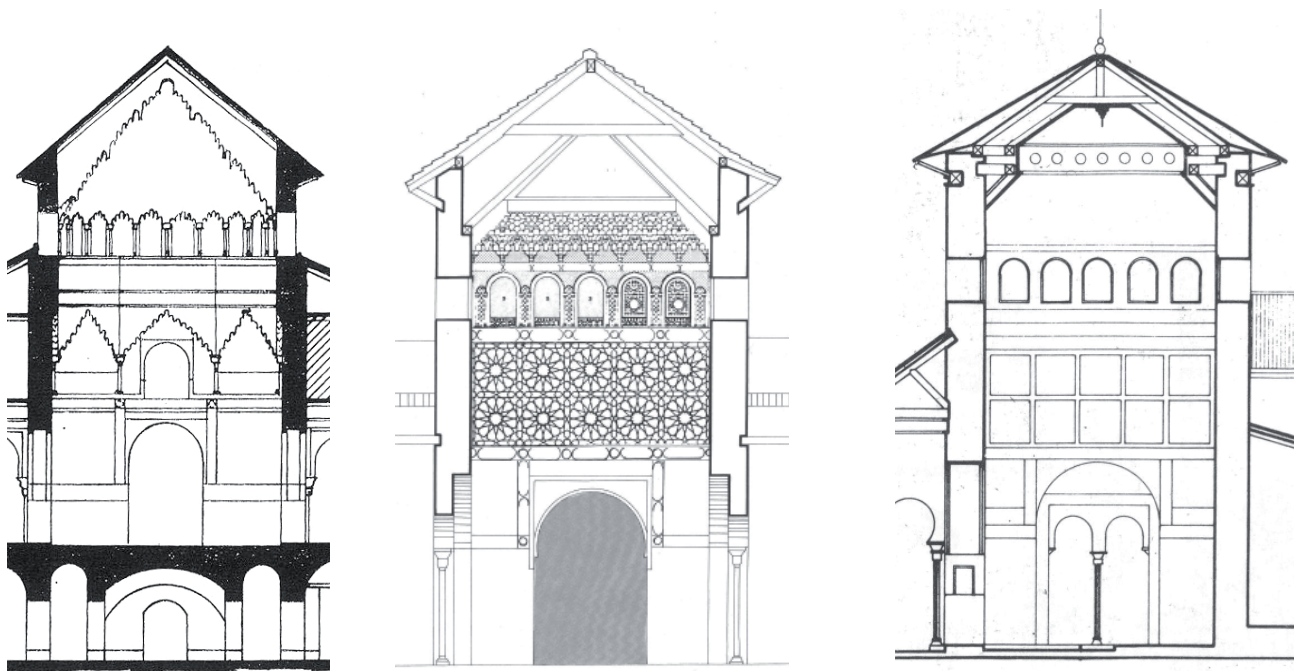


Figura III.3-10.  
De izquierda a derecha.  
-Sección de Dos Hermanas. Fuente: PAVÓN MALDONADO, Basilio. *El Cuarto Real de Santo Domingo de Granada*. Ayuntamiento de Granada, 1991;  
-Sección del Alcázar del Genil de los arquitectos Luis Javier y Eduardo Martín Martín y Raúl Ruiz Fuentes. Fuente: idem  
-Sección del Alcázar del Genil. Fuente: JÉREZ MIR, Carlos. *Guía de Arquitectura de Granada*. Junta de Andalucía. Granada, 1982

### III.3.2. EL MURO DIFUSO DE LA FACHADA DE COMARES

Un buen ejemplo de plano reverberante cubriendo un muro lo encontramos en la Fachada del Palacio de Comares, situada en el patio del Cuarto Dorado a pocos metros de la Sala de las Dos Hermanas. Esta fachada, que da acceso a la parte más importante de la Alhambra, fue ricamente decorada en tiempos de Muhammad V. En ella se abren dos puertas con encintado de azulejos sobre zócalos de cerámica, rematadas por dinteles de yeso adovelados y separadas entre sí por un paño de yesería labrada. Encima, a la altura del primer piso, hay dos ventanas gemelas con arcos peraltados y una simple, más pequeña, en el centro. Un friso de estalactitas, formando arquería apoyada en pequeñas columnillas hace de cornisa y lo completa otro de madera ricamente tallado y un amplio alero de madera labrada apoyado en largos canecillos con cerca de dos metros de vuelo (figuras III.3-11 y 12).

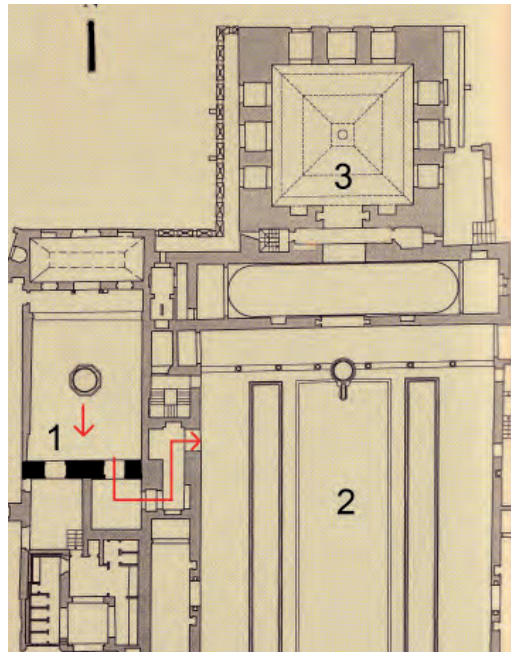


Figura III.3-11.  
Planta del Palacio de Comares;  
1, Fachada; 2, Patio; 3, Salón  
de Comares. Fuente: Dibujo del  
autor sobre planimetría de M<sup>a</sup>  
Elena Díez Jorge.

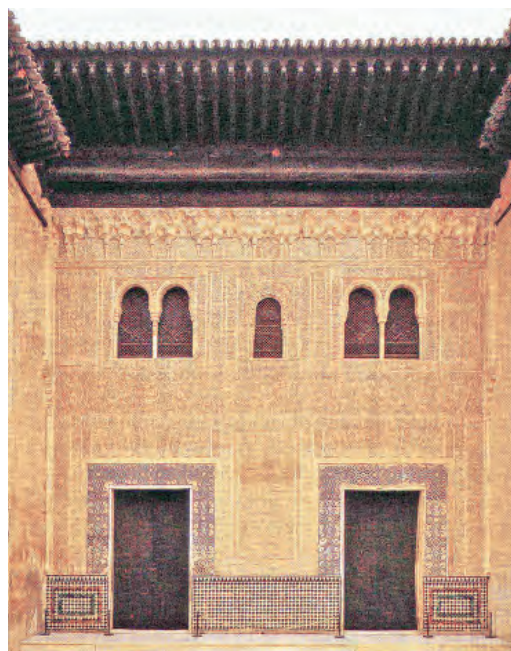


Figura III.3-12.  
Fachada de Comares

Tres aspectos de esta fachada destacan por su originalidad: (1) el gran alero en voladizo que la protege, (2) su riqueza decorativa considerando que es una fachada exterior, y (3) su posición con respecto al Palacio de Comares, pues geométricamente, el muro no forma parte del edificio al que sirve de fachada (figura III.3-13).

Ya hemos visto cómo en la Sala de Dos Hermanas las ventanas se disponían de manera que la luz nunca incidiera directamente sobre la cúpula de mocárabes. ¿Puede ser que también en este caso se busque una relación especial con la luz del sol? Efectivamente, resulta curioso cómo la fachada del Palacio de Comares busca la orientación norte girando 90° con respecto al verdadero muro de cierre del Palacio.

También aquí, como en Dos Hermanas, se recubre la estructura, en este caso el muro, con una rica decoración, y se busca que la decoración reciba una iluminación indirecta y constante. De ahí la orientación norte de esta fachada. Este efecto de luz sobre la decoración es la causa de la forzada posición del muro con respecto al Edificio de Comares. Los estudios geométricos que hemos realizado, empleando las cartas solares de Granada<sup>4</sup> confirman que este plano permanece siempre en sombra, y que lo que se busca no es la luz trasladándose sobre la decoración, sino un efecto estático, constante. Una iluminación indirecta, de reflejos, homogéneamente repartida por toda la fachada, como un velo o un volumen de luz sobrepuesto a la superficie. Es decir un plano de luz reverberante (figuras III.3-14, 15 y 16).

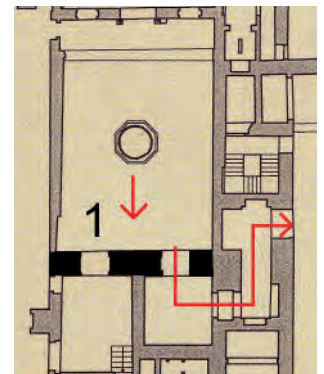


FIGURA III.3-13  
Ubicación de la fachada del Palacio de Comares, que no forma parte del recinto del palacio. La fachada se dispone perpendicular al Palacio de Comares y obliga al visitante a un acceso en triple recodo que le deja en el patio de Comares. Lo habitual en la arquitectura islámica son los accesos en doble recodo, de manera que una vez atravesados, el visitante mantiene la orientación previa al acceso. Dibujo del autor sobre planimetría de M<sup>a</sup> Elena Díez Jorge.

4.  
Sun chart program.  
Fuente: [solardat.uoregon.edu/SunChartProgram.html](http://solardat.uoregon.edu/SunChartProgram.html)

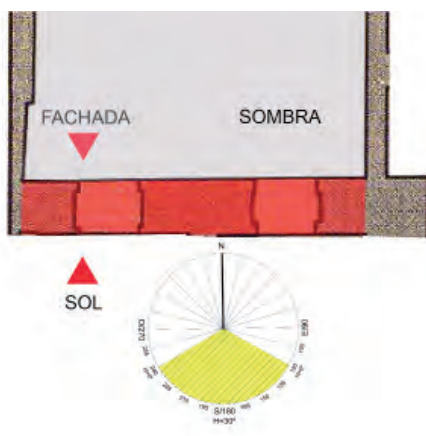


FIGURA III.3-14

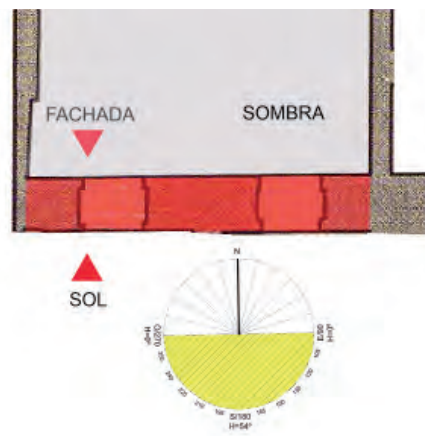


FIGURA III.3-15

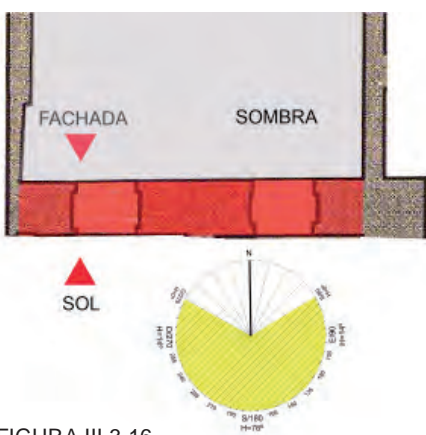


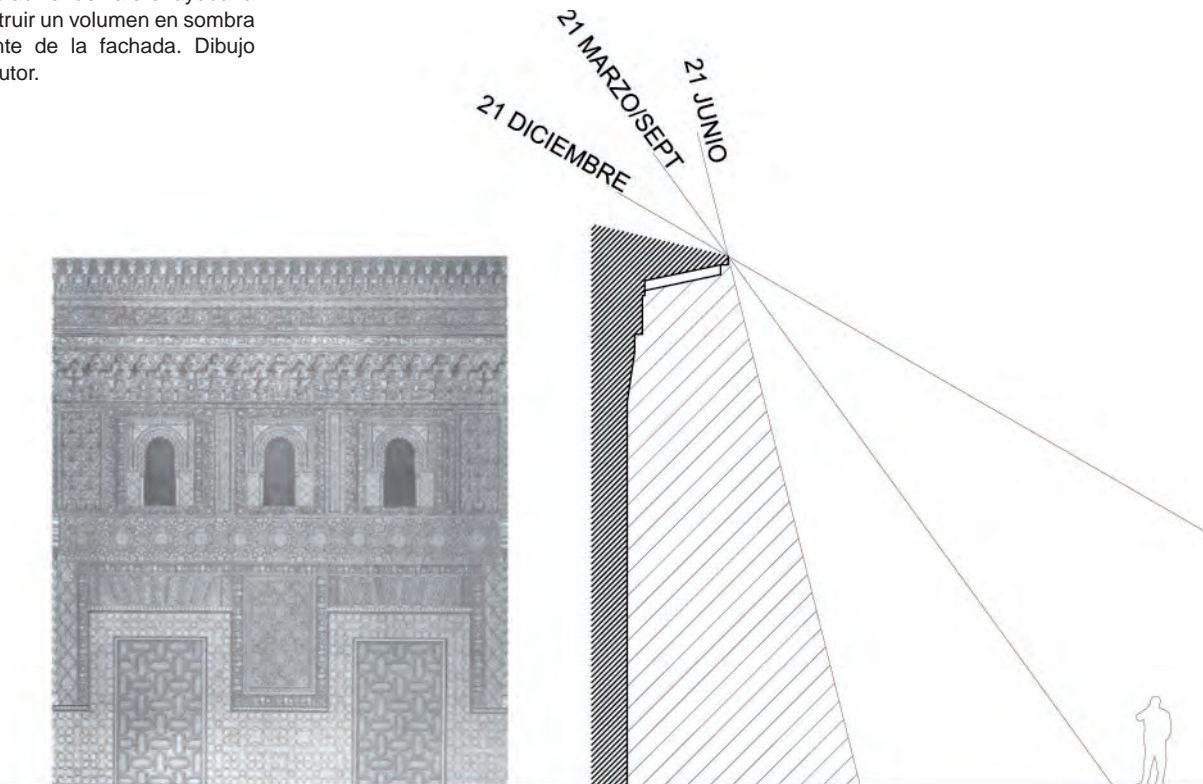
FIGURA III.3-16

FIGURAS III.3-14, 15 Y 16  
Recorrido del sol sobre la fachada del Palacio de Comares en el solsticio de invierno (fig. II.3-14), en el equinoccio (fig. II.3-15) y en el solsticio de verano (fig. II.3-16). El plano de fachada permanece siempre en sombra, con el recorrido del sol siempre a su espalda.  
Dibujos del autor

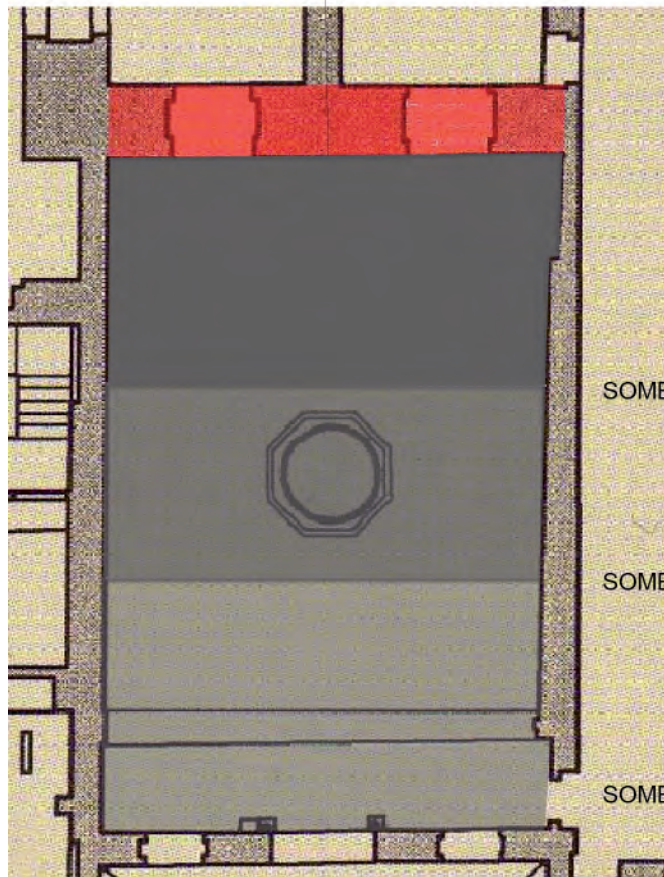
Figura III.3-17.

Sección de la fachada de Comares por el eje norte-sur los días 21 de diciembre, 21 de marzo-septiembre y 21 de junio. El voladizo del alero ayuda a construir un volumen en sombra delante de la fachada. Dibujo del autor.

Además hay que contar con la protección del imponente alero de casi dos metros de voladizo. No solo el plano de fachada está en sombra siempre, sino que además hay que contar con el volumen de sombra que el alero proyecta sobre el suelo (figuras III.3-17 y III.3-18).



S/180

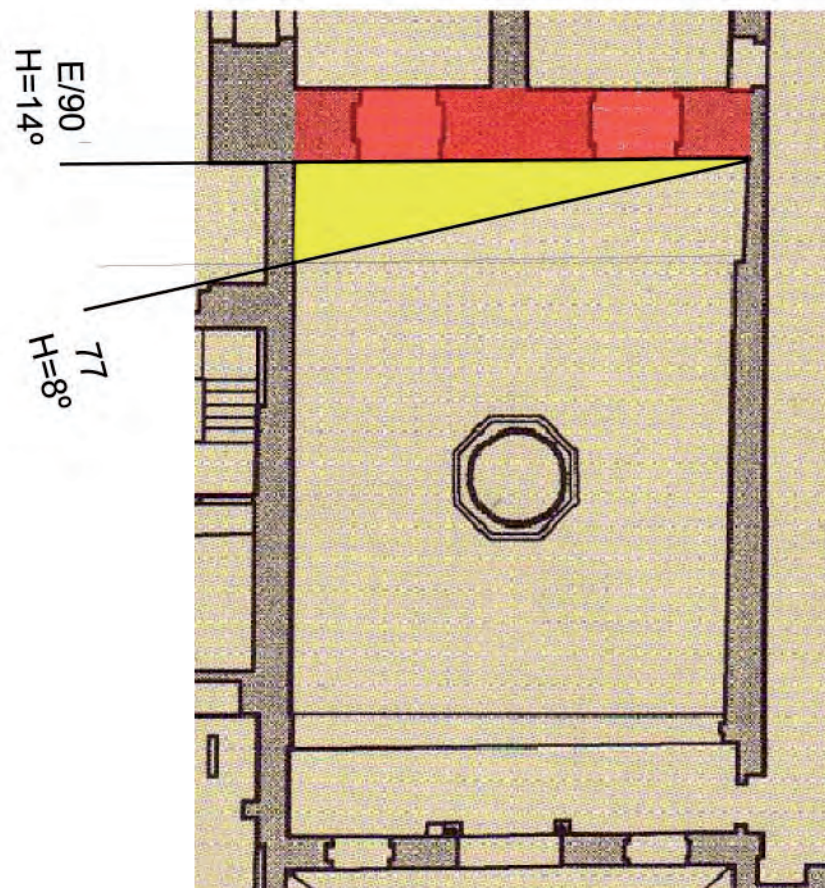
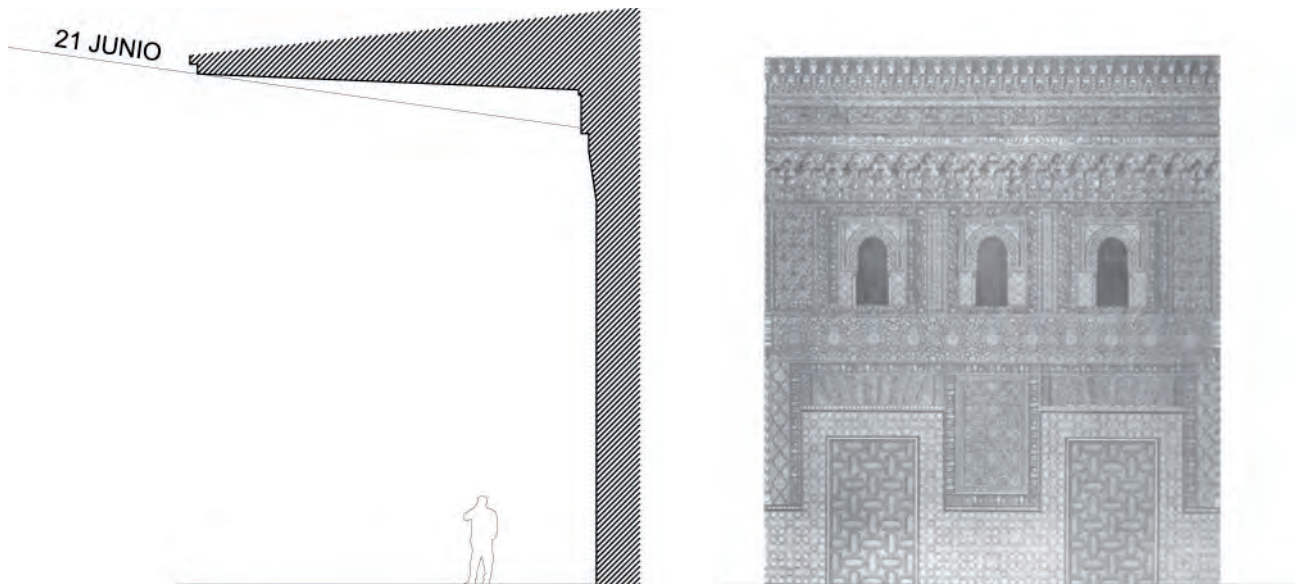


SOMBRA EN EL SOLSTICIO DE VERANO

SOMBRA EN EL EQUINOCIO

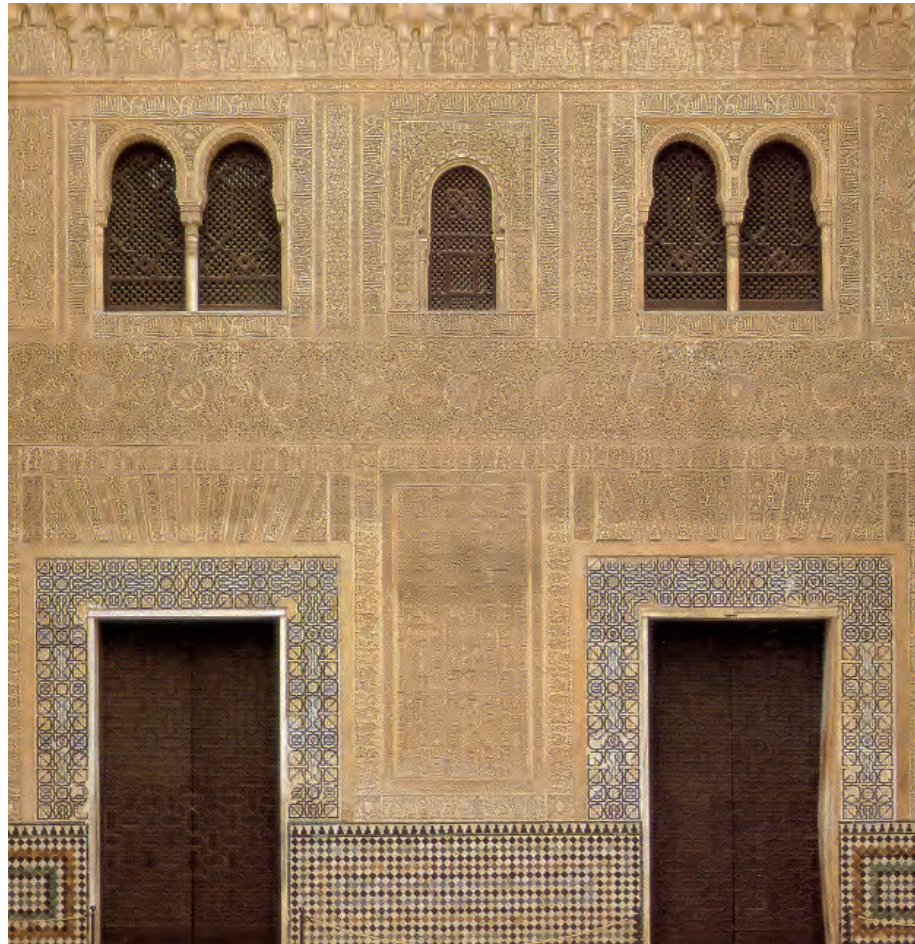
SOMBRA EN EL SOLSTICIO DE INVIERNO

Figura III.3-18.  
Sección de la fachada de Comares por el eje este-oeste a las 6 de la mañana del día 21 de junio. La altura solar en este momento es  $6^\circ$ . Éste es el único momento en el que el sol incide sobre el plano de fachada. Dibujo del autor.



La fachada permanece siempre resguardada de una iluminación directa. Recibe siempre una luz homogénea, suavizada por las reflexiones indirectas que proceden del resto de planos del patio, tal y como hemos visto que ocurría con la cúpula de mocárabes de la Sala de Dos Hermanas. El plano decorativo así dispuesto, con sus entrantes y salientes, con el velo sobrepuesto de luz, se disuelve, queda como borroso a la vista, y logra disolver la solidez del muro. Se pierden sus contornos y su definición, en un juego de múltiples puntos de luz que se leen a distintas profundidades en el espacio (figura III.3-19). El muro, con esta luz y esta decoración tan especial, se desmaterializa, como si de un cuadro puntillista se tratara. Aquí tenemos un ejemplo de un sólido plano de ladrillo que no parece tal cosa.

Figura III.3-19.  
El efecto puntillista, reverberante,  
de la fachada de Comares.



### III.3.3. LA FALSA COLUMNA Y EL REDUCIDO INTERCOLUMNIO DEL PATIO DE LOS LEONES

Los ejemplos de Dos Hermanas y Comares nos muestran con claridad la desmaterialización de dos elementos estructurales, cúpula y muro, por medio de la decoración, y sobre todo, de la luz. Y es que la idea de desmaterialización de lo sólido, de lo sustentante, de lo portante, es una idea universal de la Arquitectura. Los arquitectos islámicos fueron maestros en este efecto ilusorio.

Pasemos al último de los ejemplos dentro de este repaso por los espacios de la Alhambra de Granada: La columna del Patio de los Leones.

El Patio de los Leones data de la época de Muhammad V (1354-1391). Es un patio cerrado, rectangular, que mide 28,5 x 15,7 metros, rodeado por un pórtico muy especial de delgadas columnas, con dos pabellones saledizos en los extremos del eje longitudinal (figuras III.3-20, III.3-21 y III.3-22).

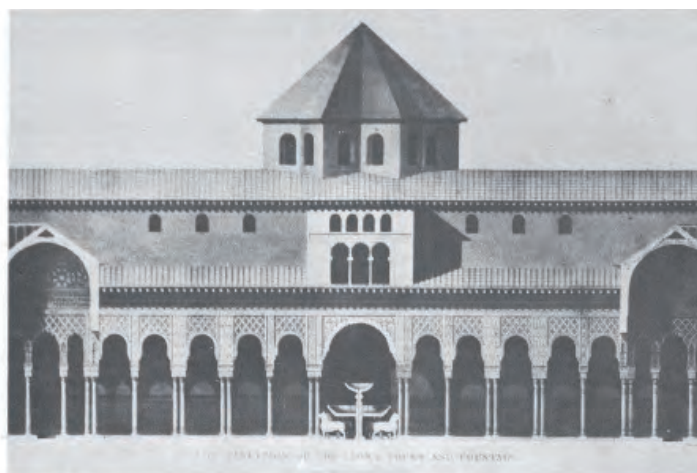


Figura III.3-20. Planta y alzado (Grabado de Murphy de 1815) del Patio de los Leones con acotación del autor. Fuente: Archivo del Patronato de la Alhambra y GALLEGRO Y BURÍN, Antonio. *Granada. Guía artística e histórica de la ciudad*. Editorial Don Quijote, Granada, 1982. Edición actualizada por Francisco Javier Gallego Roca. 1ª edición, 1961

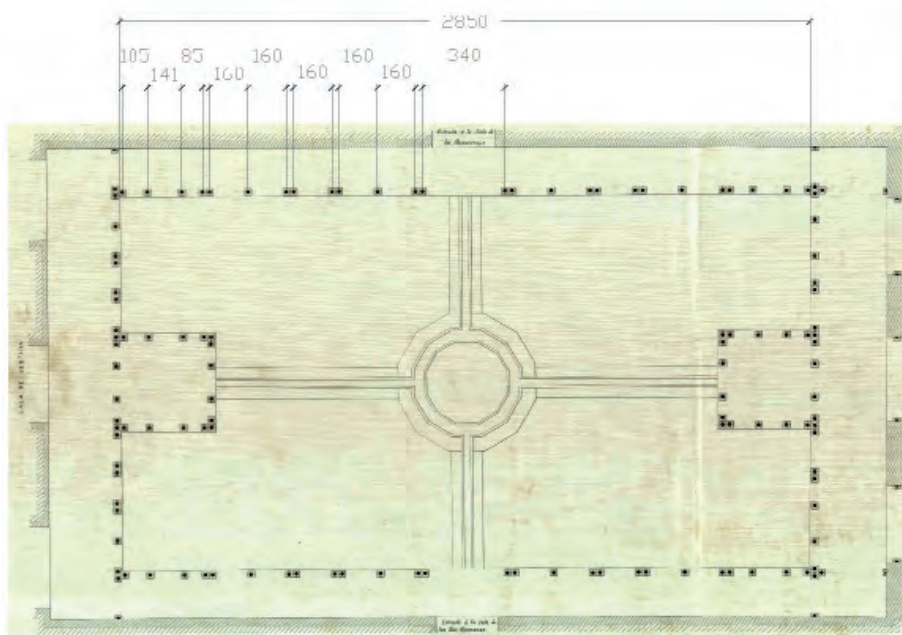


Figura III.3-21.  
Lado mayor del patio.  
Fuente: internet



Figura III.3-22.  
Lado menor del patio, al fondo, con el pabellón en saledizo.  
Fuente: internet

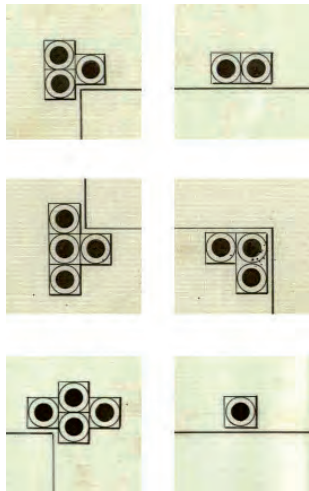


Figura III.3-23.  
Agrupación de columnas en el Patio de los Leones. Imagen del autor sobre planimetría del Archivo de la Alhambra.

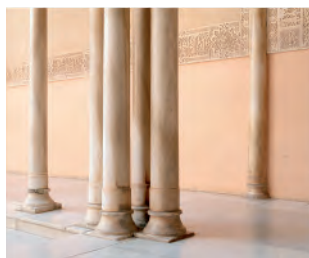


Figura III.3-24.  
Agrupación de cuatro columnas en esquina. Imagen del autor

Lo que nos sorprende de este pórtico es tanto su disposición, como sus proporciones.

Los pórticos de los dos lados mayores del rectángulo son simétricos respecto al eje mayor del patio, pero no respecto al eje menor. Los pórticos de los dos lados menores no son simétricos entre sí. Tampoco las cuatro esquinas son simétricas. El patio es simétrico respecto a su eje mayor, pero no respecto a su eje menor. Y las esquinas tampoco son iguales. Hay una agrupación de tres columnas en T en dos de las esquinas (a la izquierda del plano de la figura III.3-20), mientras que en las otras dos esquinas la agrupación es de cuatro columnas en cruz.

Y es que la agrupación de las columnas está cuidadosamente estudiada. Encontramos una alternancia rítmica de columnas individuales, columnas pareadas, más las agrupaciones de tres o cuatro columnas en las esquinas (figuras III.3-23 y III.3-24). También la anchura de los intercolumnios y la forma de los arcos es variable. Este patio porticado se parece poco a los patios porticados renacentistas, donde el orden, la proporción y la simetría son la regla. Este patio quiere confundir al que lo habita. No quiere que la mente del que lo visite sea capaz de adivinar su orden geométrico. No quiere que nadie sea capaz de completarlo visualmente. No quiere que la vista descanse cuando lo contempla.

Veamos qué nos encontramos con respecto a las proporciones. Las columnas, de mármol blanco, son muy esbeltas: 2,5 metros de altura,

y escasos 16 cm de diámetro medio.<sup>5</sup> Sobre ellas se colocan unos capiteles muy especiales, y de columna a columna unos arcos también muy especiales. Y es que los capiteles no son tales. No son un elemento de transición entre el fuste y el arco, como el capitel griego es una transición entre el fuste y la viga. Lo que se levanta sobre el capitel es una imposta, una pilastra de ladrillo de más de dos metros de altura, recubierta por decoración de yeso, que prolonga la columna hasta llegar a las vigas de madera de la cubierta.<sup>6</sup> La columna no es pues lo que aparentemente se ve. La columna real mide casi 5 metros de altura (figura III.3-25). Pero para hacer una columna de mármol blanco de esa altura, los arquitectos islámicos probablemente hubieran necesitado fustes de más de 16 cm de diámetro, con lo que el efecto de esbeltez de las columnas se hubiera perdido. O peor aún, de conseguirlo, podrían haber quedado desproporcionadamente delgadas.

5. El diámetro de las columnas varía entre 15 y 18 cm. Fuente: SÁEZ PÉREZ, M<sup>a</sup> Paz. *Estudio de Elementos Arquitectónicos y Composición de Materiales del Patio de los Leones*. Tesis Doctoral, Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Universidad de Granada, 2004

6. GALLEGO Y BURÍN, Antonio. *Granada. Guía artística e histórica de la ciudad*. Editorial Don Quijote, Granada, 1982. Edición actualizada por Francisco Javier Gallego Roca. Primera edición, 1961

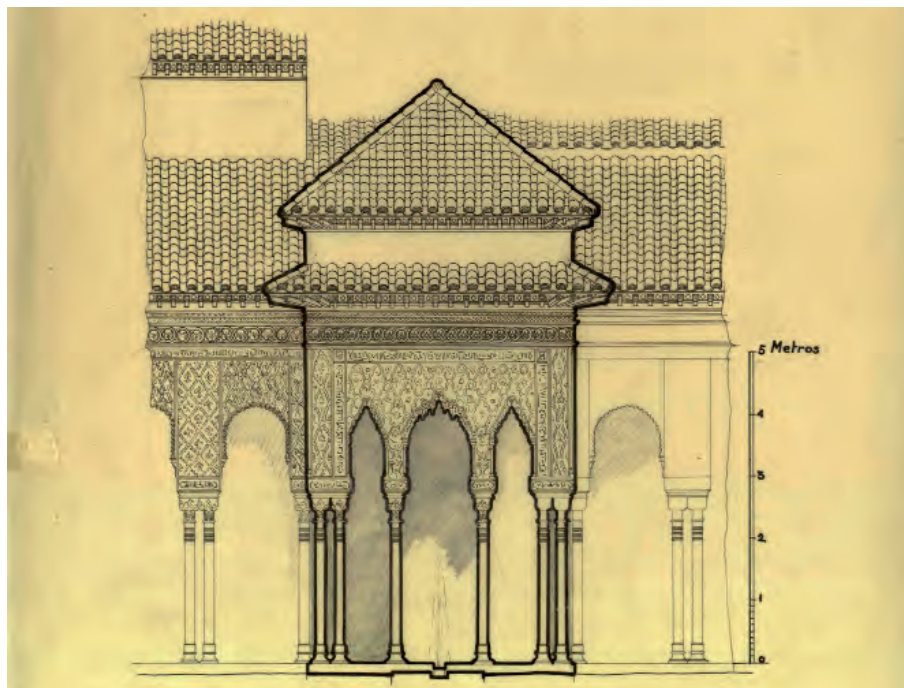


Figura III.3-25. Detalle de columna, imposta y armadura de madera. Fuente: Archivo del Patronato de la Alhambra.

También los arcos que descansan sobre las columnas son falsos arcos. En realidad es decoración de yeso, y no estructura. Son arcos calados colgados de la estructura de madera (figura III.3-26). Y es que la estructura del Patio es una arquitectura adintelada, y no una arcada (figura III.3-27).



Figura III.3-26. Detalle de arco de yeso calado. Imagen del autor.

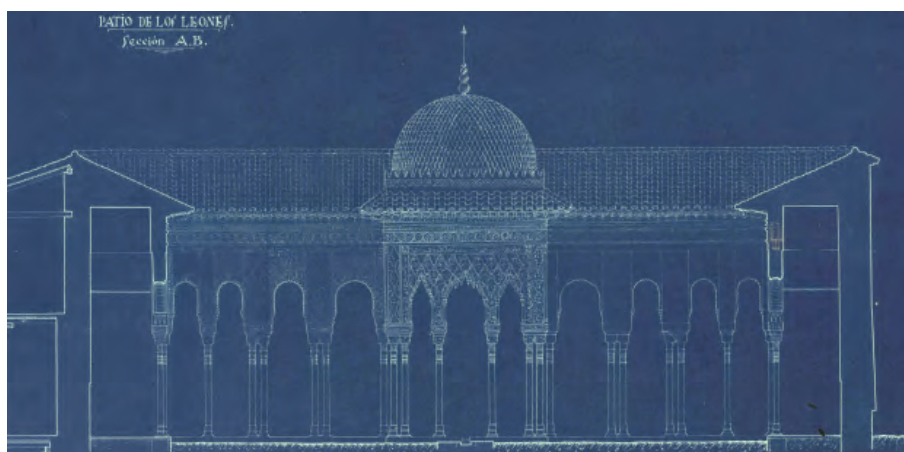


Figura III.3-27. Sección transversal del Patio de los Leones. Fuente: Archivo del Patronato de la Alhambra.

7.  
GRABAR, Oleg. *La Alhambra*. Alianza Editorial, Madrid, 2006. Primera edición, 1978.

8.  
MARÇAIS, George. *Remarques sur l'esthétique musulmane*. Argel, 1957

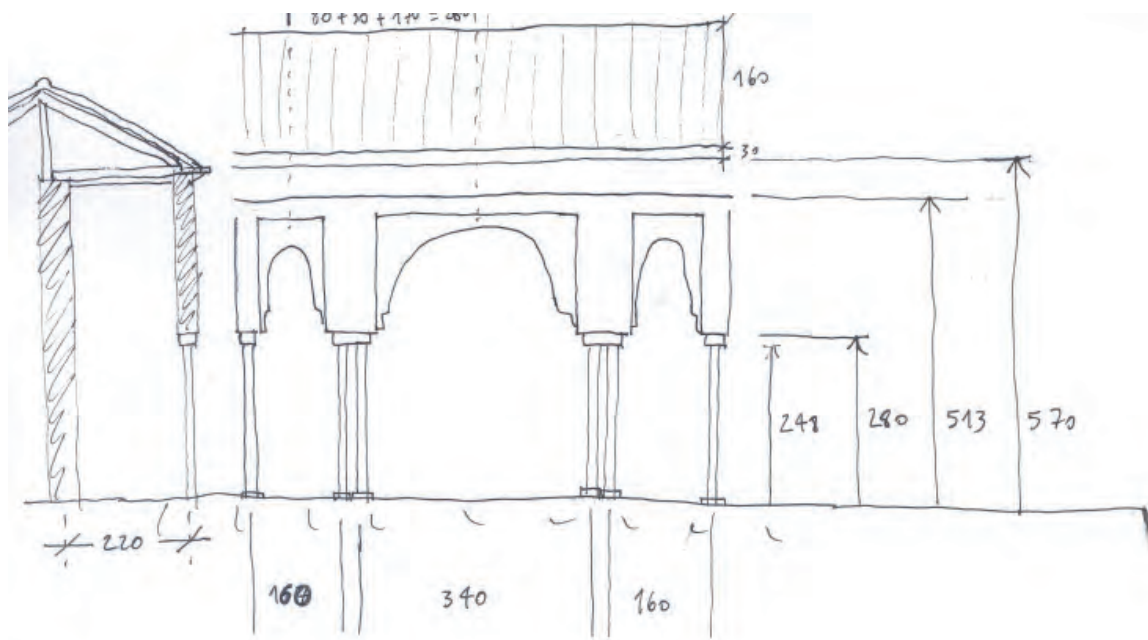
Oleg Grabar, en su libro sobre la Alhambra,<sup>7</sup> recoge un estudio de Georges Marcais<sup>8</sup> que concluye que la intención de los arquitectos islámicos era simular un espacio mucho mayor de lo que realmente es. Probablemente con esa intención se modificaron las proporciones, no sólo de las columnas, sino también de los intercolumnios, que tienen de media 1,6 metros de anchura, frente a los aproximadamente 3,3 metros de los intercolumnios del Patio de los Arrayanes. Esos intercolumnios son intencionadamente pequeños, y lo que se acaban consiguiendo es multiplicar el número de columnas.

En total, en el Patio de los Leones hay 72 arcos. Demasiados para sus dimensiones relativamente pequeñas, 28.5 x 15.7 metros. Si se hubiera recurrido a intercolumnios más normalizados, de 3 metros por ejemplo, con 30 arcos se podrían haber cubierto perfectamente los cuatro lados del patio. Pero aún hay más. Gracias al agrupamiento de columnas, los 72 arcos, con sus 72 puntos de apoyo, se sustentan en 124 columnas. Es decir, de las 30 columnas que hubieran sido necesarias en caso de recurrir a unas dimensiones normalizadas, pasamos a 124 columnas.

Si sumamos la multiplicación y agrupación de pequeñas columnas, su disposición estudiadamente desordenada, los intercolumnios variables y más pequeños de lo normal, o la ausencia de una estricta simetría, vemos que efectivamente, la intención del arquitecto era construir un espacio ilusorio. Como ya ocurriera en Dos Hermanas o en Comares, se da más importancia al efecto ilusorio que a la comprensión de la estructura real del patio. La ilusión espacial se pone por delante de la idea de sustentación y gravedad.

El objetivo de este pórtico no es el del peristilo griego. Aquí no se muestra la idea de sustentación. Los arcos que parecen descansar sobre las columnas no son arcos, no hay aquí dovela sino decoración. La columna asciende a través de las impostas, hasta la cornisa de madera. El intercolumnio tampoco es apropiado. Conscientemente reducido para multiplicar el número de columnas, el ritmo de columnas es acelerado, y para potenciar esa impresión aparecen las columnas dobladas, que no responden a un crecimiento del intercolumnio. No hay aquí la serenidad del peristilo griego, sino una llamada constante que no deja descansar al ojo. Como dice Oleg Grabar, su finalidad no era tanto glorificar los materiales y la construcción como proporcionar al espectador o al usuario constantes sorpresas y la ilusión de un marco muy rico empleando medios muy sencillos.

Desde luego, lo que no se puede argumentar, es que las columnas se han multiplicado por su falta de resistencia. La carga que recibe la columna más solicitada del Patio es 1,565 toneladas, frente a su capacidad resistente, que es de 103,748 toneladas para una carga en compresión simple y centrada. Es decir, su resistencia es 67 veces superior a su sollicitación (figura III.3-28).



Peso propio:

Cubierta de teja curva, incluido tablero:  $180 \text{ Kg/m}^2$

Fábrica de ladrillo macizo de 1 pie de espesor:  $520 \text{ Kg/m}^2$

Techo de escayola:  $20 \text{ Kg/m}^2$

Sobrecarga de nieve:  $70 \text{ Kg/m}^2$

Densidad del macizo de ladrillo:  $2500 \text{ Kg/m}^3$

Densidad de la madera:  $0,6 \text{ T/m}^3$

Densidad del yeso:  $1250 \text{ Kg/m}^3$



Figura III.3-28.

Cálculo de resistencia y sollicitación de una columna del Patio de los Leones. Dibujo del autor. Condiciones geométricas de cálculo y densidades de los materiales.

(2)

Vamos a calcular el peso que soporta la doble columna del arco principal.

- Peso de la cubierta:  $L = 2,8 \text{ M}$   
 $A = 1,1 \text{ M}$

$$2,8 \times 1,1 \times 180 \text{ Kg/m}^2 = 554,4 \text{ Kg}$$

- Peso del techo de esaplo:

$$2,8 \times 1,1 \times 20 \text{ Kg/m}^2 = 61,6 \text{ Kg}$$

- Peso de la sobrecarga de nieve

$$2,8 \times 1,1 \times 70 \text{ Kg/m}^2 = 215,6 \text{ Kg}$$

- Peso de los elementos de madera

$$0,7 \times 0,4 \times 2,8 \times 600 \text{ Kg/m}^3 = 470,4 \text{ Kg}$$

- Peso de los arcos de yeso:

$$\text{Area: } 2,7 \text{ m}^2$$

$$2,7 \times 0,36 \times 0,5 \text{ (coef. por densidad)} \times 1250 \text{ Kg/m}^3 = 607 \text{ Kg}$$

$$\text{Espesor: } 0,36 \text{ m}$$

- Peso de una columna,  $\phi 16 \text{ cm}$

$$\pi r^2 \times 3 \text{ m} = \pi \cdot 0,08^2 \text{ m}^2 \times 2,5 \times 2500 \text{ Kg/m}^3 = 156 \text{ Kg} \quad 125 \text{ Kg}$$

$$\text{Capitel: } 30 \times 30 \times 30 \text{ cm} \times 2500 \text{ Kg/m}^3 = 67,5 \text{ Kg}$$

- Peso de la pilastra de ladrillo que hay sobre la columna

$$\text{Altura } 2,3 \text{ m}$$

$$\text{Ancho } 0,7 \text{ m}$$

$$2,3 \times 0,7 \times 520 \text{ Kg/m}^2 = 837,2 \text{ Kg}$$

$$\text{Espesor: } 1 \text{ pie}$$

- Peso Total:  $P = 554,4 + 61,6 + 215,6 + 470,4 + 607 + 837,2 = 2746,2 \text{ Kg}$

$$\text{A repartir entre dos columnas: } \frac{P}{2} = \frac{2746,2}{2} = 1373,1 \text{ Kg}$$

Sumando peso propio de capitel y columna.

$$P' = \frac{P}{2} + 67,5 + 125 = 1565,6 \text{ Kg en la base de la columna}$$

Figura III.3-28. Continuación.

Cálculo de resistencia y sollicitación de una columna del Patio de los Leones. Dibujo del autor. Se ha considerado el peso de la cubierta, la sobrecarga de nieve, el peso de la estructura de madera, los arcos de yeso, la columna y la pilastra de ladrillo que hay sobre la columna. La carga total en la base de la columna, sin mayor, es de 1565,6 kg.

⑤

De la Tesis doctoral de M<sup>a</sup> Paz Sáez Pérez  
extraemos la resistencia a compresión del mármol  
macael:  $51,6 \text{ N/mm}^2$

La capacidad de compresión simple y centrada de  
una columna del P. Leones, de 16 cm de diámetro  
sería:

$$N = 80 \text{ mm}^2 \cdot \pi \cdot 51,6 = 6400 \text{ mm}^2 \times \pi \times 51,6 = 1037,48 \text{ KN} = 103,748 \text{ T}$$

Frente a la carga a la que está sometido: ~~4,3734~~ 1,565 T

$$R = \frac{103,748}{1,565} = 66,29 \text{ veces más capacidad resistente}$$

Figura III.3-28. Continuación.

Cálculo de resistencia y sollicitación de una columna del Patio de los Leones. Dibujo del autor. De la Tesis doctoral de M<sup>a</sup> Paz Sáez Pérez obtenemos la resistencia a compresión del mármol macael =  $51,6 \text{ N/mm}^2$ . Con este dato, obtenemos la capacidad a compresión simple y centrada de una columna del Patio de los Leones = 103,748 T; muy por encima de la carga a la que realmente está sollicitada, alrededor de 1,6 toneladas. Fuente: SÁEZ PÉREZ, M<sup>a</sup> Paz. *Estudio de Elementos Arquitectónicos y Composición de Materiales del Patio de los Leones*. Tesis Doctoral, Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Universidad de Granada, 2004



### III.3.4. LA SUSPENSIÓN EN EL AIRE Y LA DESMATERIALIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA

La desmaterialización de los elementos portantes, el uso de falsos elementos estructurales, y el cambio de proporciones de la estructura con fines ilusorios son tres herramientas propias de la arquitectura islámica. Pero si seguimos estudiando la Historia de la Arquitectura encontraremos nuevos ejemplos y nuevas formas de estructuras ilusorias. Como el caso de la columna flotante de San Juan de Samarcanda.

Cuenta Marco Polo en su *Libro de las Maravillas*,<sup>9</sup> el milagro de la columna flotante de la Iglesia de San Juan de Samarcanda. Los sarracenos, que tenían por entonces el dominio de la ciudad, reclamaban a los cristianos la devolución de la piedra que servía de base a una de sus columnas:

*“Y se produjo el milagro que os voy a contar. Sabed que cuando llegó la mañana del día en que la piedra debía ser devuelta, y cuando los sarracenos fueron a la iglesia a recogerla, la columna, que estaba sobre la piedra, por voluntad de nuestro Señor se aparta de la piedra y se eleva lo menos tres palmos y se sostiene de esta forma perfectamente, como si la piedra siguiera estando debajo, sosteniendo su carga con el pie en el aire. Y de esta manera, los sarracenos pudieron llevarse la piedra”.*

Y la iglesia de San Juan de Samarcanda se mantuvo en pie con la columna en el aire (figura III.3-29). La columna sin base flotando en el aire nos presenta la idea del elemento estructural que quiere fingir ligereza. De la estructura que está en suspensión porque, de algún modo, ha engañado a la Gravedad. Y esta ilusión estructural es otra de las ideas universales de la Arquitectura.

Este milagro de la Gravedad, este disponer los pesos en el aire, es lo que muchos arquitectos han querido construir a lo largo de la Historia de la Arquitectura.

La cúpula de la Iglesia de Santa Sofía en Estambul, con una clara voluntad de permanecer suspendida en el aire, es un buen ejemplo (figuras III.3-30 y III.3-31). Fue construida entre los años 532 y 537 d.C., y reconstruida y reforzada en el 546 tras un derrumbamiento. La basílica se cubre con una superestructura abovedada. En el centro, cuatro amplios arcos de 30 metros de diámetro sostienen por encima de ellos una cúpula central de ladrillo, también de 30 metros de diámetro. La base de la cúpula se sitúa a 40 metros del suelo, sobre pechinas. A ambos lados de la cúpula central, en la dirección longitudinal, hay dos semicúpulas más bajas, una de ellas hacia el presbiterio, y la otra hacia el vestíbulo de entrada, que reciben los empujes de la cúpula central. Éstas a su vez se abren en unos nichos cilíndricos de dos plantas, columnados y cubiertos a su vez con semicúpulas, y que sirven también para contrarrestar estos empujes en la dirección longitudinal. En la dirección transversal los empujes se contrarrestan con cuatro enormes contrafuertes, de 7x19 metros en planta y 40 metros de altura.

9. MARCO POLO. *Libro de las Maravillas*. Alianza editorial, Madrid, 2002. Primera edición, 1298

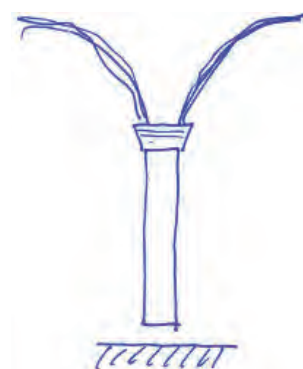


FIGURA III.3-29. La columna flotante de San Juan de Samarcanda. Dibujo del autor.

Se trata de un gran espacio diáfano, abierto en el sentido longitudinal de la basílica y flanqueado por dos naves de menos altura en los laterales.

FIGURA III.3-30.

Sección de Santa Sofía.  
Fuente: NORBERG-SCHULZ,  
Christian. *Arquitectura Occi-*  
*dental*. Editorial Gustavo Gili,  
4ª edición, Barcelona, 2001.  
Primera edición 1973

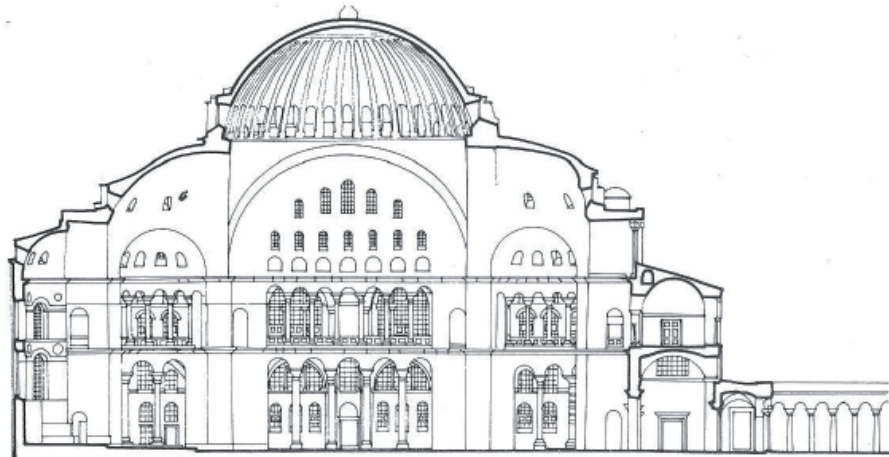


FIGURA III.3-31.

Planta de Santa Sofía.  
Fuente: NORBERG-SCHULZ,  
Christian. *Arquitectura Occi-*  
*dental*. Editorial Gustavo Gili,  
4ª edición, Barcelona, 2001.  
Primera edición 1973

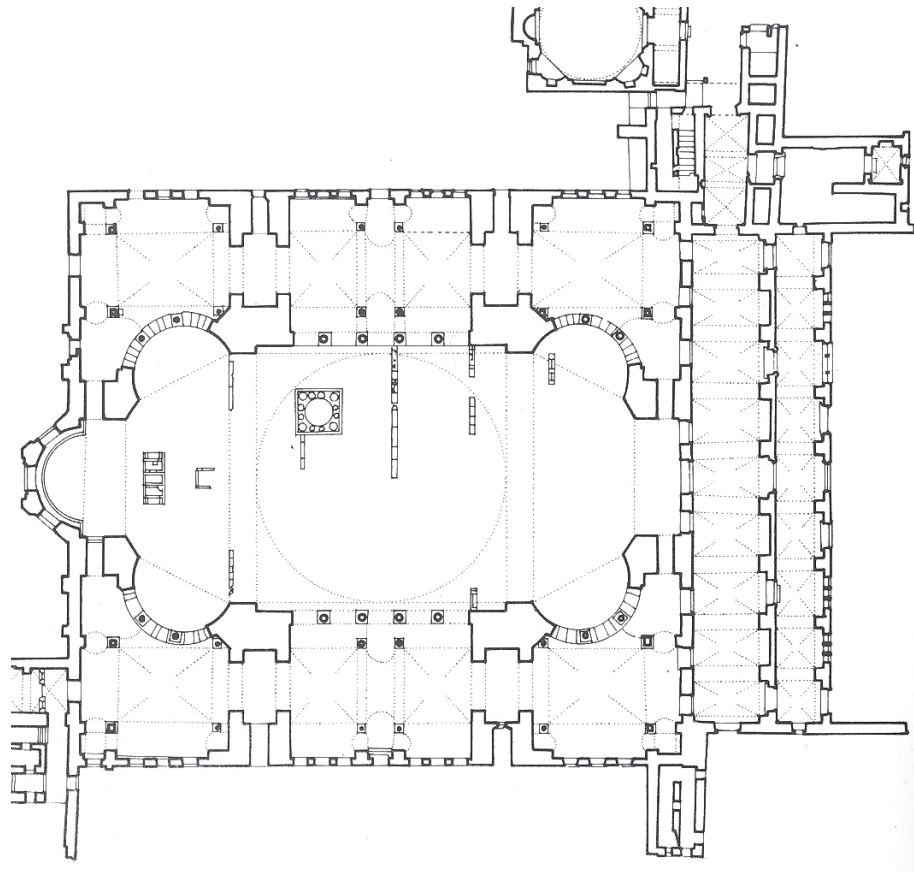


FIGURA III.3-32.

Sección de Santa Sofía por las  
ventanas de la cúpula. Dibujo  
del autor.

Pero lo que aquí quisiéramos destacar es cómo la cúpula, horadada en su base por cuarenta ventanas, parece querer fingir que el aire y la luz la sostienen (figuras III.3-32, III.3-33 y III.3-34).

La luz es un mecanismo básico para hacer que la estructura flote. La luz, que aligera todo lo que toca. Y otro mecanismo básico es la omisión de los elementos sustentantes. Como hemos comentado antes, los empujes de la cúpula en la dirección longitudinal de la basílica se transmiten a las dos semicúpulas que la flanquean. Pero lo que ve el

espectador es que la cúpula está apoyada en la clave de un enorme arco, y lo que tiene debajo es aire. Y los contrafuertes de la dirección transversal no se hacen evidentes, ni en el interior, ni en el exterior del edificio (figura III.3-35). Por dentro, las arcadas que separan la nave central de las laterales se enrasan con estos enormes machones, que se pierden parcialmente en la continuidad del muro liso. Los contrafuertes quedan pues embebidos y al servicio de la continuidad del espacio diáfano central. Y en el exterior, los contrafuertes se integran en la fachada, enrasándose con su plano (figuras III.3-36 y III.3-37).



FIGURA III.3-33.  
Cúpula de Santa Sofía horadada por la luz.  
Fuente: internet

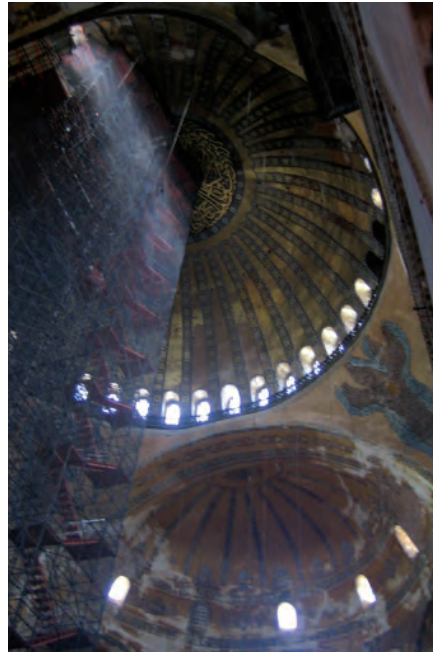


FIGURA III.3-34.  
Cúpula de Santa Sofía horadada por la luz.  
Imagen del autor.

FIGURA III.3-35.  
Omisión de elementos sustentantes. Imagen del autor.

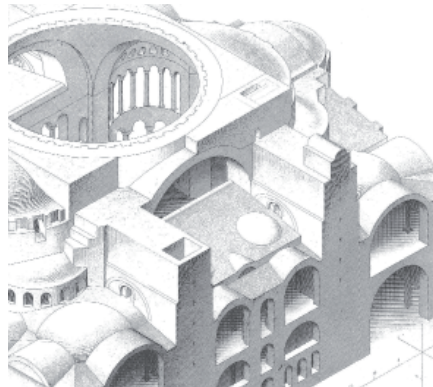


FIGURA III.3-36.  
Contrafuertes integrados en fachada. Fuente: CHOISY, Auguste. *El arte de construir en Bizancio*. Edición a cargo de Santiago Huerta Fernández y Francisco Javier Girón Sierra. Instituto Juan de Herrera, ETSAM, Madrid, 1997. Primera edición, París, 1883.

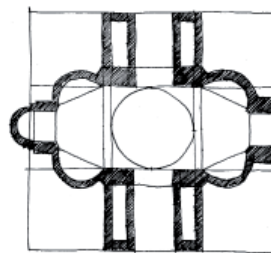


FIGURA III.3-37.  
Los cuatro contrafuertes rectangulares enrasados por dentro y por fuera. Dibujo del autor.

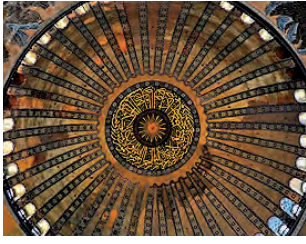


FIGURA III.3-38. Reflejos dorados en la cúpula de Santa Sofía (fuente: internet) vs. masividad del ladrillo en una cúpula del Palacio de Topkapi (imagen del autor).

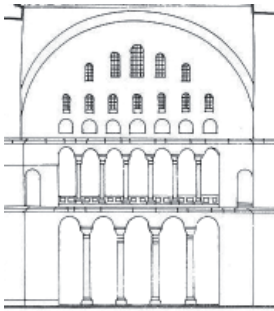


FIGURA III.3-39. Alzado de la nave lateral de Santa Sofía. Discontinuidad en el número de columnas. Dibujo del autor sobre planimetría de Christian Norberg Schulz.

10. KOSTOF, Spiro. *Historia de la Arquitectura. Volumen 2*. Alianza Editorial, Cuarta Reimpresión, Madrid, 2008. Primera edición, Oxford University Press, 1985.

FIGURA III.3-40. Cúpula de la Capilla Pazzi. Fotografía del autor

Para multiplicar el efecto de suspensión en el aire, se recubre la superficie de la cúpula con mosaicos dorados que reflejan la luz. De esa manera se consigue aligerar visulamente su superficie. No hay más que comparar la cúpula de Santa Sofía con una cúpula sin revestir del cercano Palacio de Topkapi (figura III.3-38). La primera es ligera, mientras que la segunda, que ha perdido todo su revestimiento, nos muestra el aparejo del ladrillo, la pesantez y la gravedad del material.

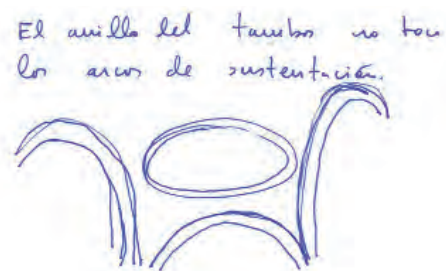
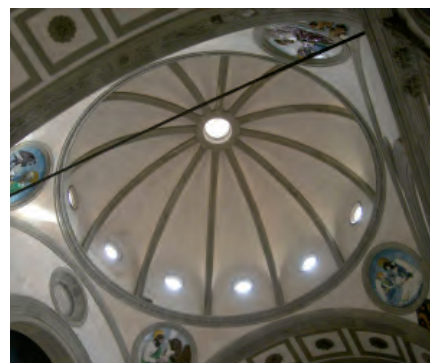
El aligeramiento de los elementos estructurales, bien sea mediante la desmaterialización de su superficie, bien por la sustracción de materia, o por la combinación de ambos efectos, y la omisión de la transmisión de la carga, por la ocultación en la medida de lo posible de los elementos sustentantes, se unen en Santa Sofía para configurar una cúpula suspendida en el aire.

En Santa Sofía, la idea de sustentación no está en primer plano. Aquí se trata de potenciar la idea de un espacio continuo, diáfano, sublime. Como detalle a tener en cuenta, las columnas del piso superior de la nave lateral no están en la vertical de las columnas del piso inferior (figura III.3-39). Y es que pasamos de cuatro columnas en el piso bajo a seis columnas en el primer piso. Lo mismo ocurre en los nichos de las semicúpulas anterior y posterior. Esa discontinuidad en la transmisión vertical de la carga nunca la hubiera aceptado un arquitecto griego. Sin embargo, recordemos que algo parecido ocurría en el Panteón. Una discontinuidad en el número de elementos sustentantes.

La Alhambra de Granada y Santa Sofía de Constantinopla nos descubren dos ideas propias de la ilusión de la Estructura: la idea de la suspensión en el aire de una carga, la ingravidez, y la idea de desmaterialización de los elementos sustentantes. Estas dos ideas son universales, y las encontraremos en otros edificios a lo largo de la Historia de la Arquitectura.

(1) La cúpula de la Capilla Pazzi, en Florencia, 1443, de Brunelleschi, no toca a los cuatro arcos sobre los que se apoya.<sup>10</sup> Al igual que en Santa Sofía, esta cúpula está horadada en su base, dando la sensación de una semiesfera en suspensión (figuras III.3-40 y III.3-41).

FIGURA III.3-41. Anillo y arcos de la Capilla Pazzi. Dibujo del autor



(2) El anillo de la cúpula de la Iglesia de San Lorenzo, en Florencia, 1470, tampoco toca los cuatro arcos sobre los que apoya. Además, los cuatro arcos de *pietra serena* que recogen la cúpula parecen no apoyar sobre los machones del crucero. Una cinta de enlucido blanco recorre horizontalmente la transición entre arco y pilastra, en contra del criterio general de revestir los elementos estructurales con *pietra serena*. El enlucido blanco interrumpe la transición entre arco y pilastra, queriendo anular el punto de apoyo (figuras III.3-42 y III.3-43).

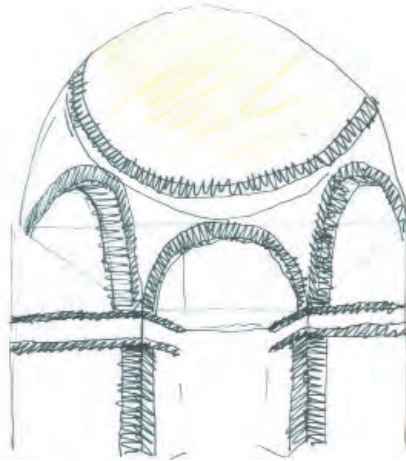


FIGURA III.3-42  
Cúpula de la Iglesia de San Lorenzo, Florencia, 1470. Arquitecto: Brunelleschi. Fuente: internet.

FIGURA III.3-43  
Dibujo del autor que muestra la negación del contacto entre cúpula y arco, y también de la transición entre arco y pilastra.

(3) La lámina de agua del Patio de los Arrayanes en la Alhambra, 1391, es un ejemplo claro de desmaterialización del suelo. Los arquitectos islámicos solían recurrir a los reflejos del agua, y de materiales vidriados como la cerámica, para desmaterializar las superficies de sus muros y columnas (figuras III.3-44 y III.3-45).

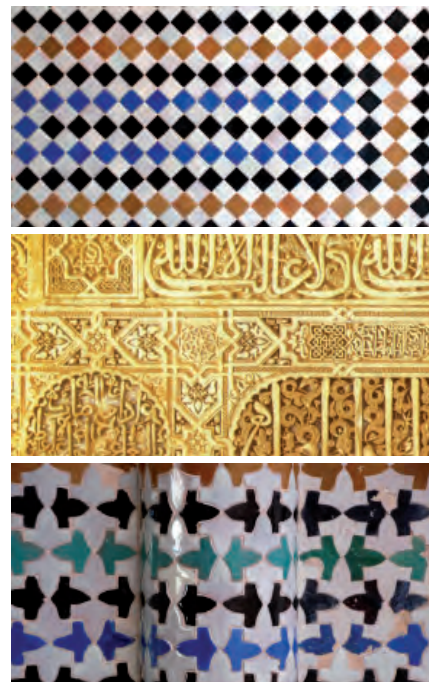


FIGURA III.3-44. Izquierda  
Patio de los Arrayanes.  
Fotografía del autor

FIGURA III.3-45. Derecha  
El brillo, el reflejo, el bajorrelieve  
y el color, son herramientas que  
el arquitecto islámico emplea  
para la desmaterialización de  
sus superficies. Fotografías del  
autor

11.  
CASTEX, Jean. *Renacimiento, Barroco y Clasicismo. Historia de la Arquitectura 1420-1720*. Editorial Akal, Madrid, 1994. Traducción: Juan Calatrava.

FIGURAS III.3-46 Y 47  
Patio del Palazzo del Te con el triglifo cayéndose. Fuente: internet.

12.  
BORSI, Franco. *Bernini*. Ed. Akal, Madrid, 1998. Traducción de Juan Calatrava Escobar.

Este efecto de ablandamiento de la piedra también lo había conseguido Bernini en su conocida escultura, El rapto de Proserpina, 1621, especialmente en el gesto de la mano de Plutón apretando el cuerpo de Proserpina. Fuente: CAMPO BAEZA, Alberto. *Buscar denodadamente la Belleza*. RABASF, Madrid, 2014.



FIGURA III.3-48. izquierda  
Baldaquino de San Pedro del Vaticano. Bernini, Roma, 1624-1633. Fotografía del autor

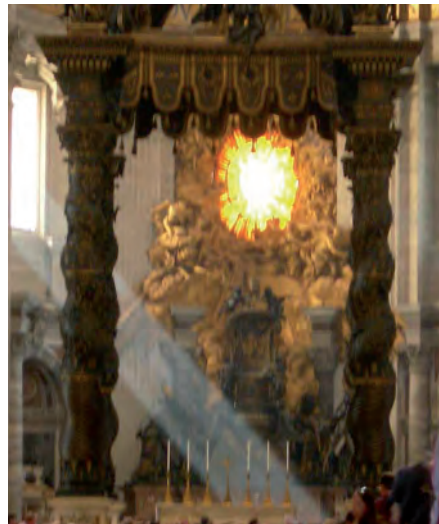
FIGURA III.3-49. derecha  
Dintel de la Sala Ducal. Palacio Apostólico Vaticano. Bernini. Fuente: internet

(4) En el Palazzo del Té, Mantua, 1524-1534, Giulio Romano congela en piedra un momento de inestabilidad que paradójicamente lleva casi cinco siglos puesto en pie.<sup>11</sup> En la fachada que da al patio encontramos en cada intercolumnio un triglifo que parece caer (figuras III.3-46 y III.3-47).



(5) En el Baldaquino de San Pedro del Vaticano, Roma, 1624-1633, Bernini utiliza cuatro columnas salomónicas, que producen la sensación de piedra ablandada.<sup>12</sup> En estas columnas la dureza de la piedra se transforma en blandura, por un efecto de la geometría, de la forma. Sólo un material blando puede retorcerse como lo hacen estas columnas helicoidales. Lejos de esta idea, la robustez y rigidez de la piedra. Y la conclusión evidente es que la columna salomónica manifiesta un rodeo de la Gravedad a su paso por la columna (figura III.3-48).

(6) En el Dintel de la Sala Ducal, en el Palacio Apostólico del Vaticano, vuelve a recurrir Bernini a una desmaterialización de la piedra. Es un dintel mágico, una piedra que parece tejido. Una cortina levantada por unos *putti* como por arte de magia. Un elemento ingrávido que flota (figura III.3-49).



(7) En la Fuente de los Cuatro Ríos, en la Piazza Navona de Roma, 1648-1651, Gian Lorenzo Bernini nos presenta una ilusión de la gravedad (figuras III.3-50 y III.3-51). Un elemento pesado que parece ingrávido, que flota. Todo el peso del obelisco descansa sobre un vacío. La cueva que horada la roca se localiza en el lugar de máxima tensión, en la vertical del obelisco. Un efecto buscado sin ostentación tecnológica.<sup>13</sup>

13.  
VICENS Y HUALDE, Ignacio. *Dicho y Hecho*. Editorial Nobuko, Buenos Aires, 2012



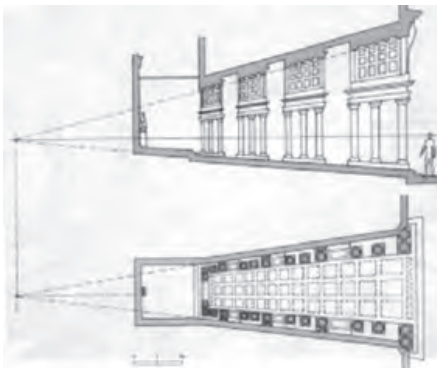
FIGURAS III.3-50 y 51  
Fuente de los Cuatro Ríos,  
Piazza Navona, Roma, 1648-  
1651. Gian Lorenzo Bernini.  
Fuentes: izquierda, internet;  
derecha, fotografía del autor

(8) La galería que Borromini diseña en 1652 para el Palazzo Spada, en Roma,<sup>14</sup> es un buen ejemplo de distorsión en la percepción del espacio. La clave de este espacio es la falsa perspectiva que construye el arquitecto mediante una columnata cuyas hileras convergen y cuyas columnas van disminuyendo de tamaño, de manera que, como por arte de magia, un espacio de 9 metros simula medir 37. Esta galería recurre al juego geométrico de la perspectiva de líneas, tan conocido para el arte de la pintura. Se trata de una ilusión del espacio, a partir de una modificación de los elementos de la estructura. Una forzada convergencia de la geometría de la columnata (figuras III.3-52 y III.3-53).

En este tipo de búsquedas tan propias del Barroco se apoya Heinrich Wölfflin para definir este estilo como un estilo pintoresco, de una arquitectura que no actúa sobre nosotros a través de lo que es, a través de su realidad corporal, sino a través de lo que parece, con un carácter de búsqueda de lo indefinido, lo ilimitado, lo inaprensible, del espacio insondable, ambiguo y sin forma.<sup>15</sup>

14.  
BLUNT, Anthony. *Borromini*. Alianza Editorial, Tercera edición, Madrid, 2005. Traducción de Fernando Villaverde. Primera edición, Penguin Books, Middlesex, 1979

15.  
WÖLFFLIN, Heinrich. *Renacimiento y Barroco*. Paidós Estética, Ediciones Paidós, Barcelona, 1986. Traducción de Alberto Corazón. Primera edición, Basilea, 1968



FIGURAS III.3-52 y 53  
Galería del Palazzo Spada.  
Francesco Borromini, Roma,  
1652. Fuente: internet

(9) La cúpula ovalada que Borromini diseña para la Iglesia de San Carlo alle Quattro Fontane, en Roma, 1634-1667, descarga sobre cuatro arcos, que a su vez apoyan sobre machones embebidos en un muro ondulado. La cúpula descansa sobre las claves de cuatro arcos. Descansa sobre cuatro puntos que a su vez están en el aire, en el más puro vacío. Es una cúpula de luz que parece suspendida en el aire (III.3-54).

FIGURAS III.3-54

Cúpula de la Iglesia de San Carlo alle Quattro Fontane. Borromini, Roma, 1634-1667. Fotografía del autor.



FIGURA III.3-55  
Bóveda de la Iglesia del Gesù, Roma. Fuente: internet

FIGURA III.3-56  
Bóveda de la Iglesia de S. Ignacio, Roma. Fuente: internet



(10) La Bóveda de la Iglesia del Gesù en Roma, fue el lienzo sobre el que Giovanni Battista Gaulli pintó la *Adoración del nombre de Jesús* entre 1674 y 1679 (figura III.3-55). En la clave de la bóveda la pintura simula una ventana al cielo. Un efecto ilusorio de desmaterialización de la bóveda, muy similar al realizado por Andrea Pozzo en la iglesia de San Ignacio en Roma, alrededor de 1685. También en este caso se trata de emplear la superficie de la bóveda como lienzo para representar una escena simbólica que asciende hacia el cielo. La bóveda deja de ser estructura para convertirse en cielo que se pierde de vista. Pierde su condición material y estructural para convertirse en escena. Una ilusión que mezcla arquitectura, pintura y escultura (figura III.3-56).

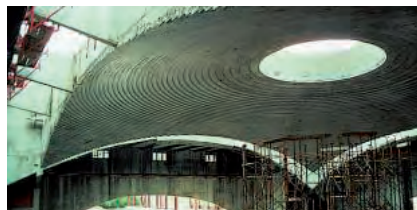
(11) En esta misma iglesia Andrea Pozzo pintó una falsa cúpula en 1694. Un trampantojo. La cúpula que estaba en proyecto no se pudo construir por problemas de presupuesto, y a cambio Pozzo dibujó una cúpula simulada. Tenemos aquí el ejemplo de una estructura ilusionista, una falsa cúpula, usando medios pictóricos. En el suelo de la iglesia se marca un punto desde el que la contemplación de la ilusión es perfecta. La pintura genera la ilusión de una cúpula que no existe, con sus nervios, su plementería, su tambor e incluso su linterna (figuras III.3-57 y III.3-58).



FIGURAS III.3-57 y 58  
Falsa cúpula de la Iglesia de San Ignacio, Roma. Fuente: internet

(12) La cúpula de la Casa-Museo de John Soane, en Londres, primera mitad del siglo XIX, es otro ejemplo de cúpula suspendida en el aire (figura III.3-59). Tiene sólo cuatro puntos de apoyo, que apenas parecen tocar su sustento. Juan Navarro Baldeweg, en el Palacio de Congresos de Salamanca de 1992, hace una reinterpretación maravillosa de esta cúpula, radicalizando aún más el contraste entre la luz y la sombra (figuras III.3-60 y III.3-61).<sup>16</sup>

16.  
CAMPO BAEZA, Alberto.  
*Principia Architectonica*. Mairea Libros, ETSAM, Madrid, 2012



FIGURAS III.3-59, 60 y 61  
A la izquierda, Cúpula de la Casa Museo de John Soane, Londres, primera mitad del siglo XIX. A la derecha Palacio de Congresos de Salamanca, Juan Navarro Baldeweg, 1992. Dos casos de cúpula suspendida en el aire. En la imagen inferior derecha podemos ver las vigas de hormigón armado que sostienen la cúpula de Salamanca. Una vez acabada la cúpula, la luz disuelve las vigas y la sensación es la de una cúpula que flota ingrávida.

(13) Y otro ejemplo de desmaterialización lo encontramos en la columna del Hotel Tassel, de Victor Horta, en Bruselas, 1892. Una columna de hierro, con forma vegetal, que se transforma en materia viva. Una columna que gracias a su forma se desmaterializa, pierde su condición material de hierro (figura III.3-62).



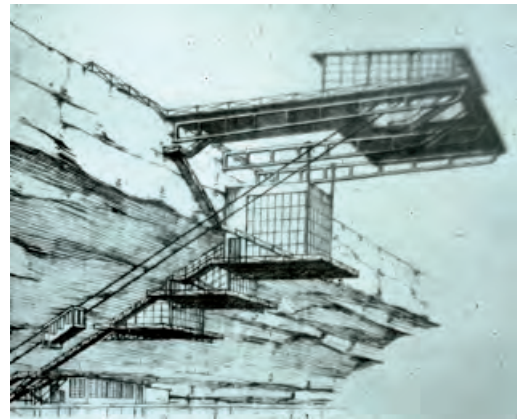
FIGURA III.3-62.  
Columna del Hotel Tassel. Victor Horta, Bruselas, 1892. Fuente: internet.

17. CAPITEL, Antón. *Las formas ilusorias en la arquitectura moderna*. Tanais Ed., Madrid, 2005

18. CORTÉS, Juan Antonio. *La estabilidad formal en la arquitectura contemporánea*. Universidad de Valladolid, 1990

FIGURA III.3-63. izquierda  
Proyecto para Tribuna de Lenin, El Lissitzky, 1920. Fuente: DE FEO, Vittorio. *La arquitectura en la URSS 1917-1936*. Alianza Forma, Madrid, 1979

FIGURA III.3-64. derecha  
Restaurante sobre una pendiente rocosa, Ladovski, 1922. Fuente: DE FEO, Vittorio. *La arquitectura en la URSS 1917-1936*. Alianza Forma, Madrid, 1979



(14) También el constructivismo ruso exhibe un deseo de liberar a la arquitectura de su sumisión respecto a la fuerza de la gravedad.<sup>17</sup> El proyecto para la Tribuna Lenin, 1920, de El Lissitzky (figura III.3-63), y el proyecto de restaurante sobre una pendiente rocosa, 1922, de Ladovski (figura III.3-64), nos muestran una arquitectura oblicua, liberada del vector vertical que impone la gravedad.<sup>18</sup>

(15) Por último, querríamos traer aquí la falsa cúpula de la Capilla del Bosque de Estocolmo, de Erik Gunnar Asplund, 1918-1920, una semiesfera de 7 metros de diámetro, sostenida por 8 columnas (figuras III.3-65 y III.3-66). Es extraño ver una cúpula apoyada sobre columnas, sin contrafuertes. En realidad se trata de una cúpula de estuco sobre una armadura de madera que permanece oculta (figura III.3-67). No es una verdadera cúpula trabajando a compresión. No es una cúpula que transmita esfuerzos horizontales a sus apoyos. Y de hecho las columnas parecen no tocar el techo. Un rehundido en el ábaco, como un foso, dibuja una línea de sombra en el contacto entre el capitel y el falso techo.

FIGURA III.3-65. izquierda  
La falsa cúpula de la Capilla del Bosque de Estocolmo. Asplund, 1918-1920. Fuente: CORNELL, Elias. *El cielo como una bóveda*. En *Asplund*, de Caldenby, Claes y Hultin, Olor. Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 1997. Versión castellana de Juan José Lahuerta. Primera ed., Gingko Press, 1988

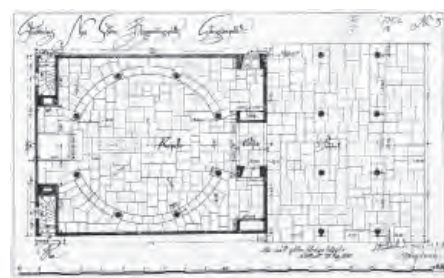
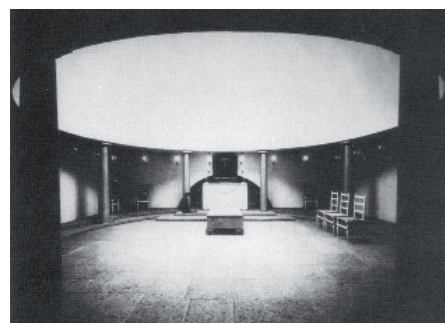


FIGURA III.3-66. derecha  
Planta de la Capilla del Bosque. Fuente: BLUNDELL JONES, Peter. *Gunnar Asplund*. Phaidon Press Limited, London, 2006

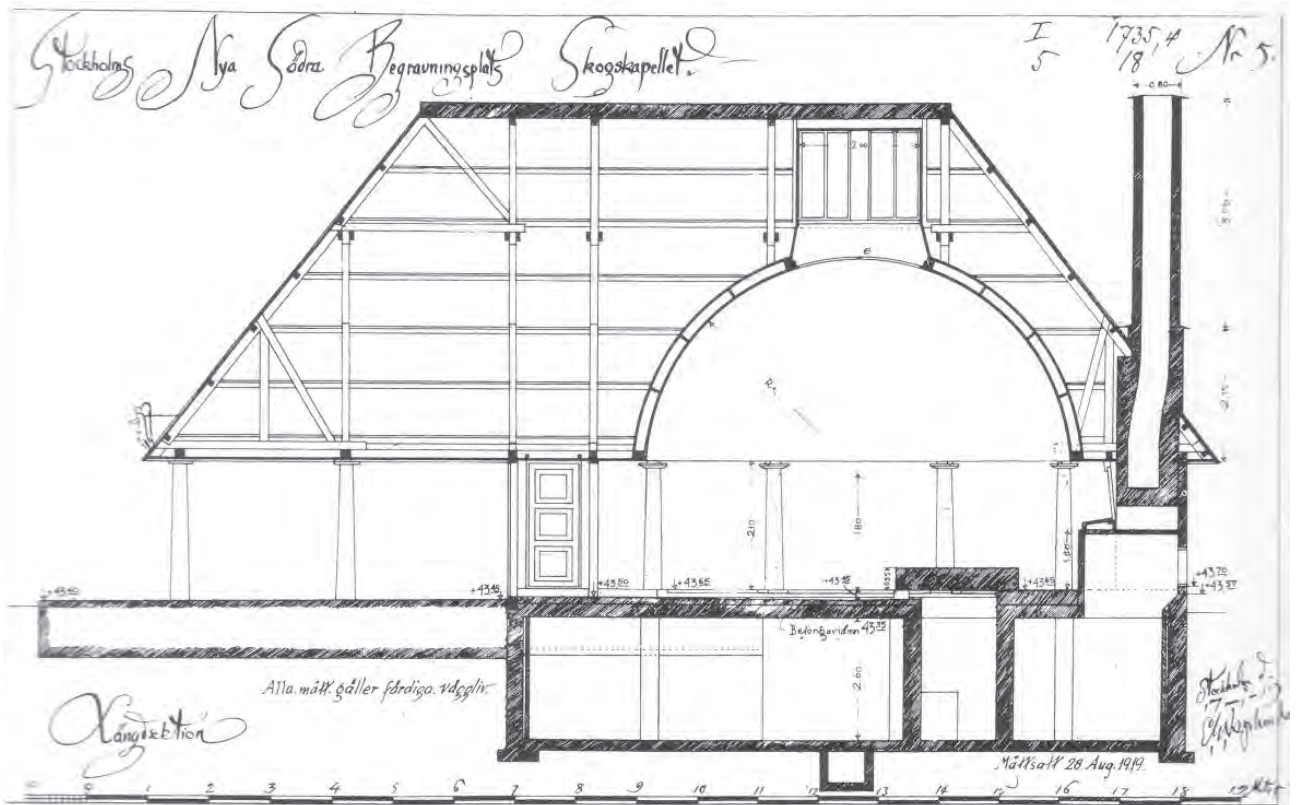


FIGURA III.3-67.  
Sección de la Capilla del Bosque con la armadura de madera oculta y el foseado en el ábaco de las columnas. Fuente: BLUNDELL JONES, P. Gunnar Asplund. Phaidon Press Lt, London, 2006

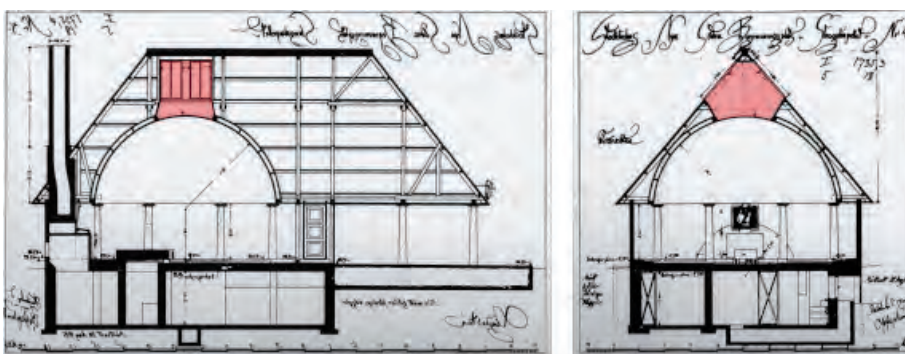


FIGURA III.3-68.  
En color rojo, linterna de la cúpula de la Capilla del Bosque, razón del gran contraste luz-sombra del interior. Dibujo del autor.

### III.3.5. CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA ILUSORIA

El efecto que busca una estructura ilusoria es parecer lo que en realidad no es. La Historia nos muestra muchos ejemplos.

1. Una cúpula que aparenta ser más ligera de lo que en realidad es. Que aparenta estar suspendida en el aire, bien por una discontinuidad en la transmisión de la carga, como ocurre por ejemplo en la Capilla Pazzi o en San Lorenzo; bien por una mezcla de luminosidad y omisión de los elementos sustentantes, como ocurre por ejemplo en Santa Sofía, en San Carlino o en la cúpula de John Soane en Londres.

2. Una estructura falsa. Como la falsa cúpula de la Capilla del Bosque de Asplund. Como el falso arco del Patio de los Leones. Como la falsa cúpula de la Iglesia de San Ignacio.

3. Una columna que parece no soportar. Como las columnas salomónicas, demasiado blandas para sustentar una carga. O la columna vegetal del Hotel Tassel, que parece tomar vida.

4. Una carga que parece flotar. Como el obelisco de la Fuente de los Cuatro Ríos, en Piazza Navona. O el dintel de la Sala Ducal del Palacio Apostólico del Vaticano.

5. Una estructura en equilibrio inestable, como el triglifo que se cae del Palazzo del Té en Mantua. O al límite de su estabilidad, como la Tribuna Lenin o el Restaurante de Ladovski.

6. Una estructura que pierde su condición material, y por tanto su aparente solidez, su aparente capacidad resistente. Como la bóveda de la Iglesia del Gesú, la bóveda de San Ignacio, o la Fachada del Palacio de Comares.

7. Y por último, una estructura distorsionada, al servicio de una ilusión espacial. Es el caso de la cúpula de Dos Hermanas, que busca aparentar un espacio que se pierde en la altura. La Galería del Palazzo Spada, que busca aparentar un espacio más largo de lo que en realidad es. O la multiplicación de columnas del Patio de los Leones, que busca aparentar un espacio más grande de la realidad.

Dentro de las estructuras ilusorias tenemos que distinguir entre (a) aquellas ilusiones que son gravitatorias, que buscan un efecto de negación de la gravedad, la gravedad ligera de la que habla Antón Capitel en *Las formas ilusorias de la arquitectura moderna* (b) las que emplean elementos estructurales para generar una ilusión espacial, y (c) las que combinan ambas ideas.

a. Son ilusiones puramente gravitatorias la cúpula de la Capilla Pazzi, la Cúpula de San Lorenzo, el Baldaquino de San Pedro del Vaticano, el dintel de la Sala Ducal de los Palacios Apostólicos, el obelisco de la Fuente de los Cuatro Ríos, la Tribuna Lenin, el Restaurante de Ladovski, la columna vegetal del Hotel Tassel, la cúpula de Soane, el triglifo

del Palazzo del Té, la cúpula de Santa Sofía o la de San Carlino. Lo que se busca en estos casos, en esencia, es una negación o un rodeo de la Gravedad.

b. La Galería del Palazzo Spada es un ejemplo de estructura al servicio de una ilusión del espacio. Aquí lo que se busca es una ficción del espacio, y se emplea la falsa perspectiva de una columnata para generar la sensación de un espacio más largo de lo que en realidad es.

c. En Dos Hermanas, en Comares, en el Patio de los Leones, en la iglesia del Gesú, en San Ignacio y en la Capilla del Bosque, se mezcla la ilusión de la gravedad con la ilusión del espacio.

- En el Gesú y en San Ignacio la herramienta es similar. Al desmaterializar mediante el trampantojo la superficie de la bóveda, se está negando su solidez, su peso, y su función portante. Al dibujar una perspectiva fugada hacia el cielo, se está creando la ilusión de un espacio que se pierde en las alturas.

- Un efecto similar tenemos en Dos Hermanas, pero esta vez no es la pintura, sino la cúpula de mocárabes la que desmaterializa, y a la vez genera la sensación de un espacio indefinido que se pierde en la altura.

- En el Patio de los Leones se mezcla la falsa arcada con la estilización de las columnas, que como veíamos con anterioridad, están prácticamente descargadas, apenas soportan un ligero entablamento de madera. Y por otro lado está la forzada reducción de los intercolumnios que se mezcla con la multiplicación innecesaria del número de columnas, buscando la apariencia de un bosque de columnas mucho mayor de lo que es en realidad.

- Por último, la Capilla del Bosque. Aquí tenemos una cúpula que no pesa, ficción de la gravedad, pero que busca contener una semiesfera luminosa sobre nuestras cabezas, ficción del espacio, y de la luz. Una cúpula que en palabras del propio Asplund "*da la sensación de ser más baja y chata de lo que los dibujos permitían suponer*".<sup>19</sup> Es decir, de nuevo un elemento estructural modificando la percepción del espacio, en este caso, por medio del contraste entre luz y sombra.

19.  
CORNELL, Elias. *El cielo como una bóveda*. En *Asplund*, de Caldenby, Claes y Hultin, Olor. Ed. Gustavo Gili, Barcelona, 1997. Versión castellana de Juan José Lahuerta. Primera edición, Gingko Press, 1988



Este análisis de Estructuras históricas nos demuestra que existen tres categorías, tres maneras de expresión de la estructura:

- Estructuras a la vista.
- Estructuras ocultas.
- Estructuras ilusorias.

Estas tres categorías son independientes de la mecánica de la estructura. La mecánica estructural del Partenón es muy diferente a la mecánica estructural de la Sainte Chapelle, y sin embargo, ambas pertenecen a la categoría de Estructuras a la vista. La forma de la columna y la forma del arquitrabe del templo griego dependen de la mecánica de la estructura. Pero la decisión del arquitecto griego de que un peristilo de columnas y arquitrabe se conviertan en imagen de su arquitectura no depende de la mecánica de la estructura.

Estas tres categorías son independientes del momento histórico, pues hemos visto dentro de cada una de ellas edificios que pertenecen a épocas diferentes. La cúpula de Dos Hermanas es una estructura ilusoria, como también lo es la estructura de la Capilla del Bosque de Asplund, y ambas estructuras están separadas por más de seis siglos de historia.

Estas tres categorías son independientes del sistema constructivo. El peristilo del Partenón es un sistema de columna y viga, lo mismo que la arcada del Patio de los leones es un sistema de columna y viga. Pero el peristilo del Partenón es una Estructura a la vista, mientras que en el Patio de los Leones tenemos una Estructura ilusoria.

Estas tres categorías son pues, categorías universales para el análisis, que no pertenecen a una época concreta, no pertenecen a una mecánica estructural concreta, ni pertenecen a un sistema constructivo concreto.

Por tanto cuando clasificamos el Lenguaje de la Estructura en estas tres categorías, estamos hablando de una clasificación universal, que puede englobar a distintas épocas, a distintas mecánicas, y a distintos sistemas constructivos.

La estructura del Templo griego, la Estructura del Templo gótico o la Estructura de la Bolsa de Amsterdam de Berlage pueden considerarse como estructuras a la Vista. La estructura del Panteón, la Estructura del Coliseo, la Estructura de la Iglesia de San Lorenzo en Florencia, la de San Pablo de Londres o la del Pantheon de París se pueden considerar Estructuras Ocultas. La Estructura de la Sala de Dos Hermanas, del Patio de los Leones, de Santa Sofía, de San Carlino, o las cúpulas de Soane, se pueden considerar Estructuras ilusorias.

Es decir, arquitecturas de formas muy diferentes como la del Templo griego o la del Templo gótico tienen en común la cualidad de sacar sus estructuras a la vista. Arquitecturas de formas tan dispares como la estructura del Panteón de Roma o San Lorenzo de Florencia tienen en común la cualidad de esconder sus estructuras. Y arquitecturas tan diferentes como Dos Hermanas o Santa Sofía tienen en común la cualidad de estructuras ilusorias.

Cuando el arquitecto pone la Estructura a la Vista quiere expresar la Gravedad por encima de todas las demás ideas. Es lo que pasa en el Partenón.

Cuando el arquitecto oculta la Estructura quiere dejar la Gravedad en un segundo plano, y a cambio pone en primer plano otra idea, como por ejemplo, la Luz o el Espacio. Es lo que pasa en el Panteón.

Cuando el arquitecto recurre a efectos ilusorios en su estructura quiere, o bien expresar la ausencia de la Gravedad, la suspensión de una carga en el aire, o bien que una carga parezca más ligera de lo que realmente es; o bien expresar una ilusión del espacio, un espacio que parezca más pequeño o más grande de lo que realmente es, o más vertical que lo que realmente es, o más horizontal de lo que realmente es.

La idea de Estructura a la vista es contraria a la idea de Estructura oculta. La idea de Estructura ilusoria puede ser complementaria a la de Estructura vista u oculta.

Cuando estudiábamos el Templo griego, veíamos que la idea más fuerte es la de estructura a la vista. Pero hay algunas correcciones, como el acanalado de los fustes, que podríamos relacionar con la desmaterialización más propia de las estructuras ilusorias. Cuando estudiamos el Panteón vemos que la idea más fuerte es la de estructura oculta al servicio de la Luz del espacio. Pero los casetones de la cubierta, que aligeran su peso, también la hacen más ligera visualmente. Y ese efecto tendría relación con lo ilusorio. Es decir, existen mezclas entre lo visto y lo ilusorio, y entre lo oculto y lo ilusorio. Aunque siempre con una idea preponderante sobre la otra. Una estructura a la vista puede tener efectos ilusorios como también lo puede tener una estructura que busca ocultarse. El análisis histórico demuestra que nuestra clasificación es válida y universal.

A continuación vamos a confirmar que esta clasificación en tres categorías puede ser una herramienta válida para la arquitectura moderna. Eso lo haremos en el siguiente capítulo.

**IV. LO VISTO, LO OCULTO Y LO ILUSORIO  
EN LAS ESTRUCTURAS DE MIES VAN DER ROHE**



Peter Blake<sup>1</sup> nos dice que, a diferencia de Le Corbusier, Gropius o Wright, Mies van der Rohe concentró sus energías en un campo de investigación muy concreto, la estructura. Que nadie como él construyó con tanta atención por el detalle, y que para él, la arquitectura fue una sencilla progresión desde el material, pasando por la tecnología, hacia la forma y el arte. Quizás la conclusión más evidente de esta idea es la enorme coherencia que observamos en sus obras, marcadas por su idea de la estructura. El propio Mies habla de la importancia de la estructura en su arquitectura.

*“Por estructura tenemos una idea filosófica. La estructura es el todo, de arriba abajo, hasta el último detalle”.*<sup>2</sup>

*“Allí donde ocurrieron cosas realmente importantes siempre fueron de naturaleza estructural, pero no formal”.*<sup>3</sup>

*“La Estructura ha de ser la base de la Arquitectura”.*<sup>4</sup>

*“La estructura, este fiel guardián del espíritu de la época...”*<sup>5</sup>  
(Conferencia Chicago, 1950)

Colin Rowe, en sus *Ensayos sobre Arquitectura Moderna*,<sup>6</sup> nos habla de dos etapas diferentes en Mies en función del uso que le da a la columna. Así, frente a la columna circular o cruciforme del periodo europeo, que aparta las divisiones de la columna, la columna en H o cuadrada del periodo americano atrae las particiones y define el volumen. Para Rowe, la columna americana de Mies, así entendida, es más estructural que la columna revolucionaria del periodo europeo. Es más clásica y se integra más con el espacio. La columna del periodo europeo propicia la planta libre, y la columna del periodo americano propicia el espacio universal, diáfano y único. Pero por encima de todo, lo que nos interesa destacar aquí es cómo el cambio en el entendimiento del espacio es inseparable del cambio en el empleo de la columna. Lo que nos viene a demostrar Rowe es que la evolución de Mies como arquitecto no se entiende sin la evolución en su idea de la Estructura.

Antón Capitel, en *Las columnas de Mies*,<sup>7</sup> establece una evolución del sistema compositivo de Mies van der Rohe, basándose en los diferentes usos y atribuciones de la columna. Desde la primera fase pictórica-neoplástica, que se expresa por la indiferencia de los elementos constructivos frente a la gravedad y sus conexiones, como bien muestran el Monumento a Rosa Luxemburgo o la Casa de Campo de ladrillo, pasando por el periodo de transición del Pabellón de Barcelona o la Casa Tugendhat, en el que se observa una cierta incoherencia entre la forma cruciforme de las columnas, que indicaría una estructura bidireccional, frente a la disposición unidireccional de las vigas; O el periodo de coherencia entre forma y estructura, cuyo punto culmen sería la Galería Nacional de Berlín, una estructura perfectamente reticular, simétrica, cuadrada, y un espacio cuadrado, diáfano, y simétrico en las dos direcciones. Nuevamente, la evolución en el pensamiento y en la obra de Mies van der Rohe en paralelo a su investigación sobre la Estructura.

1. BLAKE, Peter. *The master builders. Mies van der Rohe and the mastery of structure*. W.W.Norton & Company, Inc., Nueva York, 1996. Primera Edición 1976.

2. FRAMPTON, Kenneth. *Estudios sobre cultura tectónica*. Ed. Akal, Madrid, 1999. Primera edición 1995.

3, 4, 5. NEUMEYER, Fritz. Mies van der Rohe. *La palabra sin artificio. Reflexiones sobre arquitectura 1922/1968*. El Croquis Editorial. Madrid, 1995. Traducción: Jordi Siguán.

6. ROWE, Colin. *Manierismo y Arquitectura Moderna y otros ensayos*. Ed. Gustavo Gili, 3ª ed., Barcelona, 1999. Primera ed. 1976. Traducción de Francesc Parcerisas.

7. CAPITEL, Antón. *Las columnas de Mies*. Arquitectos de Cádiz, 2004.

8.  
FRAMPTON, Kenneth. *Estudios sobre cultura tectónica*. Ed. Akal, Madrid, 1999. Primera edición 1995.

Kenneth Frampton, en sus *Estudios sobre Cultura Tectónica*,<sup>8</sup> defiende que la trayectoria de Mies fue una lucha constante entre la capacidad tecnológica de su época, la estética vanguardista y el legado tectónico del romanticismo clásico de Schinkel, y con esta idea establece cinco fases claras en la obra de Mies: El periodo schinkeliano y clásico de 1911-1915; El periodo neoplasticista de proyectos radicales de gran sutileza entre 1915-1925; La fase europea de 1925-1938 con sus proyectos de vanguardia y el potencial del cristal y el acero; El periodo del IIT, entre 1938-1959, donde el foco tectónico se traslada a la estructura de acero visto con relleno de cristal y ladrillo, y en el que comienza a conceder primacía a la estructura y sus juntas; Y por último, el periodo 1950-1969 de monumentalización de la estructura de acero. Cinco periodos que nos muestran el desarrollo de la estructura, especialmente de acero, en la obra de Mies. En palabras de Kenneth Frampton, la estructura, y especialmente la tectónica, la construcción, serán parte esencial de la arquitectura de Mies.

Lo que aquí quisiéramos estudiar es cómo se muestra la estructura en la arquitectura de Mies a través de las tres categorías que hemos estudiado en el capítulo tercero de esta tesis doctoral: lo visto, lo oculto y lo ilusorio en las estructuras de Mies van der Rohe.

#### IV.1 LA EXTERIORIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CASA. DE LA ESTRUCTURA OCULTA A LA JAULA DE ACERO



#### IV.1.1. ESTRUCTURA OCULTA. CAJA CLÁSICA CON ESTRUCTURA DE MUROS DE CARGA

1907.	Casa Riehl, Potsdam.
1910-1911.	Casa Perls, Zehlendorf, Berlín.
1912-1913.	Casa Werner. Berlín
1913.	Casa Warnholtz. Heerstrasse, Berlín. Proyecto
1914-1917.	Casa Urbig. Potsdam
1919.	Casa Kempner
1921-1922.	Casa Feldmann. Berlín
1922.	Casa Eichstaedt. Berlín.
1924-1926.	Casa Mosler. Potsdam

La primera obra construida de Mies fue la Casa Riehl en Potsdam, 1907, una casa clásica con estructura de muros de carga de ladrillo revestidos con un mortero de cal (figura IV.1-01). La casa en planta es un sencillo rectángulo, cubierto por una cubierta inclinada, y aprovecha el terreno en ladera para construir un porche cubierto y abierto con vistas al lago Griebnitz. Aunque desde 1890 se habían empezado a construir en Europa edificios con estructura de hormigón armado,<sup>1</sup> y desde 1880 los primeros rascacielos con estructura de acero en América,<sup>2</sup> lo cierto es que el uso del hormigón y del acero todavía no se había generalizado, por lo que Mies sigue empleando aquí métodos constructivos más tradicionales.

Pero ya desde este primer proyecto observamos la huella de una estructura que quiere mostrarse. En la fachada larga de la casa destaca el dibujo en bajorrelieve de unas pilastras que quieren representar los testeros de los muros de carga (figura IV.1-02). Y en la fachada corta, la que da al lago, los machones y el arquitrabe del porche (figuras IV.1-03 y 04). El primer mecanismo nos recuerda a la articulación del muro de fachada que emplearon los arquitectos de la Roma clásica, por ejemplo, en la fachada del Coliseo, y que luego heredaron los arquitectos del Renacimiento. Una estructura en bajorrelieve, ornamental, articulando un muro. El segundo mecanismo nos recuerda a la clásica herramienta griega del peristilo en los espacios semiabiertos que rodean a los templos. El contraste entre el fondo en sombra y la estructura a la luz refuerza aún más la presencia de la estructura.

1. SIMONNET, Cyrille. *Hormigón, Historia de un material*. Editorial Nerea, San Sebastián, 2009. Traducción: Cristina García y M<sup>a</sup>Josefa Marcos.

2. ADDIS, Bill. *3000 years of design engineering and construction*. Phaidon Press, London, 2007.

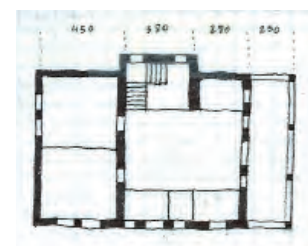


FIGURA IV.1-01.  
Planta de la Casa Riehl.  
Dibujo del autor



FIGURA IV.1-02.  
Alzado longitudinal de la Casa Riehl con las pilastras, zócalo y arquitrabe en bajorrelieve.  
Dibujo del autor

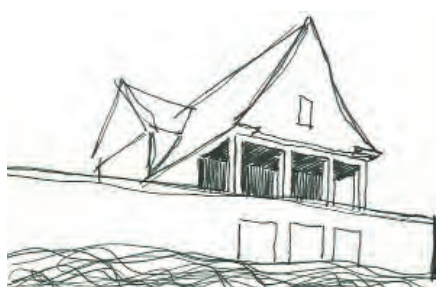


FIGURA IV.1-03.  
Porche de la Casa Riehl.  
Dibujo del autor

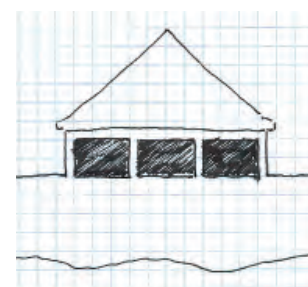


FIGURA IV.1-04.  
Casa Riehl. Alzado del porche.  
Dibujo del autor

Este esquema de casa compacta, simétrica y compartimentada, con estructura de muro de carga de ladrillo y cubierta inclinada, servirá de modelo para toda una serie de casas posteriores: la casa Perls, la casa Werner, la casa Warnolthz, la casa Urbig, la casa Feldmann y la casa Eichstaedt. En estas casas tenemos una estructura de muros de carga ocultos tras el revestimiento, con la única referencia al exterior de la decoración en bajorrelieve, o los pórticos de paseo y estancia al aire libre (figuras IV.1-05 a IV.1-10).

FIGURA IV.1-05.  
Casa Perls, Berlín, 1910-1911.  
Planta, alzados y detalle de las pilastras del porche.  
Dibujo del autor

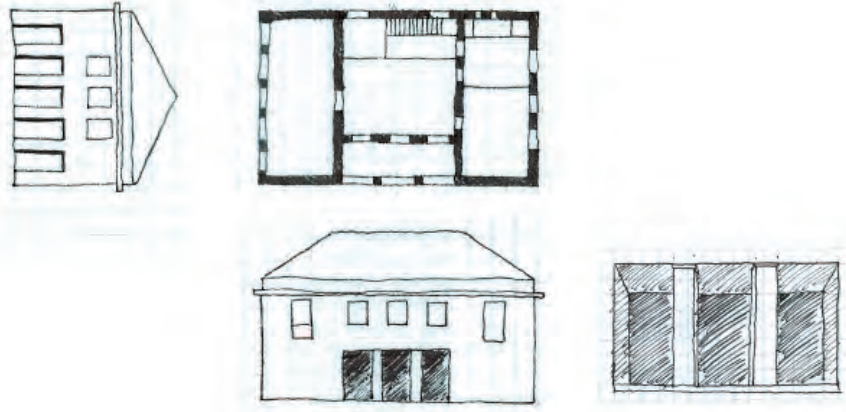


FIGURA IV.1-06, izquierda  
Casa Werner, Berlín, 1912-1913.  
Planta y alzado con la galería porticada exterior.  
Dibujo del autor

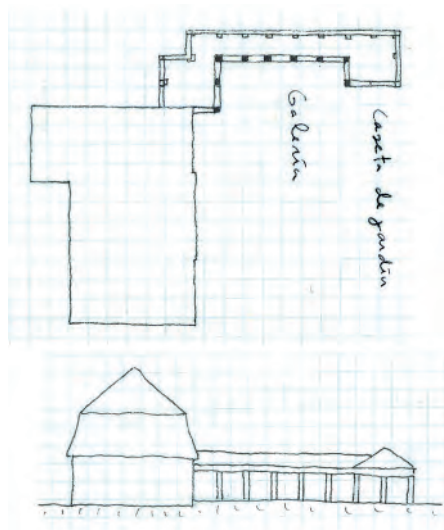
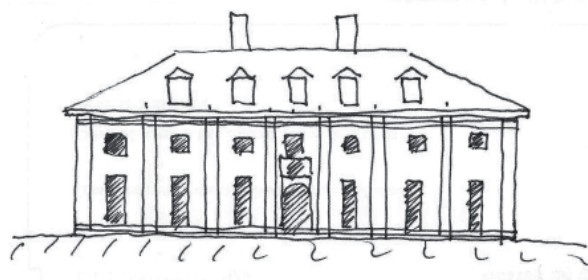


FIGURA IV.1-07, derecha  
Casa Warnholtz, Berlín, 1913.  
Alzado. Fuente: NEUMEYER, Fritz. Mies van der Rohe. *La palabra sin artificio*. El Croquis Editorial. Madrid, 1995.



FIGURA IV.1-08  
Casa Urbig, Potsdam, 1914-1917.  
Alzado con orden gigante de pilastras en relieve. Dibujo del autor



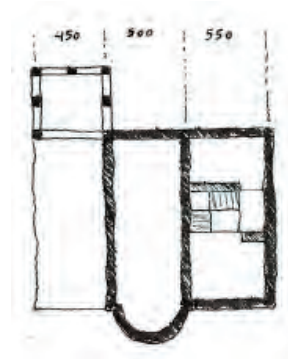
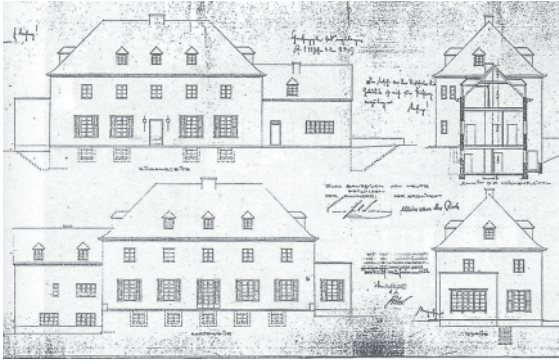


FIGURA IV.1-09, izquierda  
Casa Feldmann, Berlín, 1921-  
1922. Alzados del proyecto  
visado. Fuente: NEUMEYER,  
Fritz. Mies van der Rohe. *La  
palabra sin artificio*. El Croquis  
Editorial. Madrid, 1995.

FIGURA IV.1-10, derecha  
Casa Eichsatedt, Berlín, 1922.  
Planta de la casa y pórtico de  
la veranda exterior. Dibujo del  
autor.

Pero Mies dará un paso más en el proyecto para la casa Kempner, en Berlín, 1919 (figura IV.1-11), y sobre todo en la casa Mosler, en Potsdam, 1924-1926, (figura IV.1-12). La novedad de estas dos casas es que por primera vez los muros de carga de ladrillo quedan a la vista, sin revocar, con un aparejo que va alternando sogas y tizones en todas sus hiladas (aparejo gótico) y con unas esquinas muy masivas.



FIGURA IV.1-11  
Casa Kempner, Berlín, 1919.  
Fuente: JOHNSON, Philip.  
*Mies van der Rohe*. The Mu-  
seum of Modern Art, New York,  
1978. Primera edición, 1947



FIGURA IV.1-12  
Casa Mosler, Potsdam, 1924-  
1926. Dibujos del autor. Fo-  
tografía: *Mies van der Rohe*.  
*Casas*. Revista 2G número  
48/49, agosto 2009

La casa Mosler es la última casa clásica de Mies. Y es una casa contemporánea a proyectos tan radicales como el Rascacielos de vidrio o la Casa de campo de ladrillo (figura IV.1-13). Mies no había encontrado aún un cliente que le permitiera poner en pie esas ideas radicales, pero es interesante observar cómo evoluciona la idea de la estructura en sus casas clásicas. Desde la casa Riehl, con la fachada revestida y decorada con unas pilastras en relieve, a esta fachada plana en la que la tectónica del ladrillo queda a la vista. Lo que sí conservan ambas casas es la presencia del porche. También en la Casa Mosler tenemos un porche con potentes pilastras, una veranda para estar al aire libre, a la sombra (figura IV.1-14).



FIGURA IV.1-13  
Planta de la Casa de campo  
de ladrillo, Mies van der Rohe,  
1923-1924. Dibujo del autor.

En los dinteles de los huecos, Mies empleará dos soluciones diferentes. En la planta semisótano, los ladrillos se colocan a sardinel, haciendo hincapié en su especial función estructural, que interrumpe la horizontalidad de las hiladas de ladrillo. En las plantas superiores las ventanas están enmarcadas con piedra, tanto en los dinteles como en las jambas y alféizares (figura IV.1-15). De esta manera, las hiladas de



FIGURA IV.1-14  
Porche de la Casa Mosler.

ladrillo corren continuas y horizontales, abstractas y enmarcadas por un rectángulo de piedra. Y por otro lado están a la vista las dos vigas de piedra que sustentan el balcón de la fachada principal (figura IV.1-16). Mies está aplicando aquí, al menos en parte, la lección de la Bolsa de Amsterdam de Berlage (figura IV.1-17). Ladrillo visto, y expresión de los elementos estructurales de transición.

FIGURA IV.1-15

Casa Mosler. Izquierda. Dintel con ladrillo a sardinel. Derecha, dintel, jambas y alféizar de piedra.



FIGURA IV.1-16, izquierda  
Casa Mosler. Vigas de piedra del balcón principal.

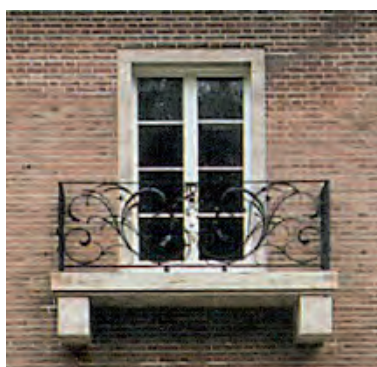


FIGURA IV.1-17, derecha  
Bolsa de Amsterdam, Berlage, 1903. Tectónica de ladrillo y piedra para los elementos de transición de la estructura. Fotografía del autor.



FIGURA IV.1-18, izquierda.  
Casa Mosler. Sección. El dintel de piedra no tiene el mismo espesor que el muro de ladrillo.

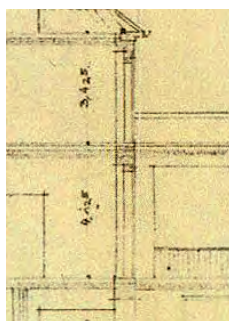


FIGURA IV.1-19, derecha.  
Casa Mosler. Arquitrabe del porche parcialmente oculto tras el ladrillo.



Sin embargo, esta especie de honestidad en la expresión de la estructura de la casa Mosler no está reñida con que una parte de la subestructura que permite la formación de los dinteles permanezca oculta. Así por ejemplo, cuando estudiamos la sección de la casa (figura IV.1-18), vemos que el dintel de ladrillo no tiene todo el espesor del muro, lo que nos lleva a concluir que hay un segundo dintel interior, oculto. Y también el arquitrabe del porche permanece en su mayor parte oculto tras el ladrillo, (figura IV.1-19). Esto nos habla de una manifestación de la estructura, pero no una exhibición de todas y cada una de sus partes.

Es interesante observar la evolución de Mies en sus casas clásicas, desde la Estructura como ornamento, con las pilastras en relieve de la Casa Riehl o la Casa Urbig, por ejemplo; a la Estructura con expresión parcial de la función portante, en las Casas Mosler o Kempner.

Veamos a continuación qué ocurre cuando Mies va asumiendo en sus proyectos una nueva idea del espacio.

#### IV.1.2. LA DESOCULTACIÓN DEL ACERO. CAJA DESCOMPUESTA CON ESTRUCTURA MIXTA

- 1912. Casa Kröller-Müller. Wassenaar, Holanda. Proyecto
- 1914. Casa para el arquitecto. Werder, Alemania. Proyecto
- 1921. Casa Petermann. Potsdam-Neubabelsberg. 1921. Proyecto
- 1923. Casa de campo de hormigón armado. Proyecto
- 1923. Casa Lessing. Potsdam-Neubabelsberg. Proyecto
- 1923-1924. Casa de campo de ladrillo. Proyecto
- 1925. Casa Dexel. Jena. Proyecto
- 1925. Casa Eliat. Nedlitz. Proyecto
- 1925-1927. Casa Wolf. Guben. Destruída
- 1926. Monumento a Karl Liebknecht y Rosa Luxemburgo.
- 1927-1930. Casa Esters. Krefeld
- 1927-1930. Casa Lange. Krefeld

Al tiempo que Mies construye sus casas clásicas, compactas, simétricas con estructura de muro de carga de ladrillo y cubierta inclinada, irá presentando nuevos proyectos en los que se disuelve en parte la compactidad y con ella la simetría, y en paralelo, irá sustituyendo la cubierta inclinada por la cubierta plana. Este cambio compositivo, en un principio, no implicará un cambio en la estructura, pero con el tiempo, el muro de carga de ladrillo dará paso a una estructura mixta de ladrillo y acero, o de hormigón armado.

En esta segunda fase de Mies veremos que la casa deja de ser una caja, para pasar a ser el resultado de una suma de cajas. En las propuestas más sencillas las cajas simplemente se yuxtaponen, manteniendo la igualdad de su altura. Y el espacio sigue siendo en gran parte discontinuo, confinado por una compartimentación todavía tradicional. En las propuestas más complejas las cajas se yuxtaponen y se intersecan, y sus alturas son diferentes, dando una mayor riqueza a las cubiertas.

La casa Kröller-Müller, en Wassenaar, 1912 (figura IV.1-20), o la Casa que el propio arquitecto diseñó para sí en Werder, en 1914 (figura IV.1-21), son los dos primeros ejemplos de caja descompuesta. Aunque ninguna de las dos se llegó a construir, ambas destacan por una composición asimétrica de prismas rectos de diferentes alturas con cubierta plana. Las dos casas se resuelven con una estructura de muros de carga, pero sólo la primera de ellas, la Casa Kröller-Müller, mantiene la presencia del porche porticado, que como hemos visto es una de las características compositivas de las casas de Mies en su etapa clásica.

En la casa Kröller Müller hay un pórtico de pilastras y arquitrabe en la fachada principal. E incluso hay un pórtico con cariátides. Sin embargo, en la Casa en Werder, el pórtico desaparece.

FIGURA IV.1-20  
Casa Kröller-Müller, Wassenaar,  
1912. Esquemas del autor sobre  
dibujos de Mies.

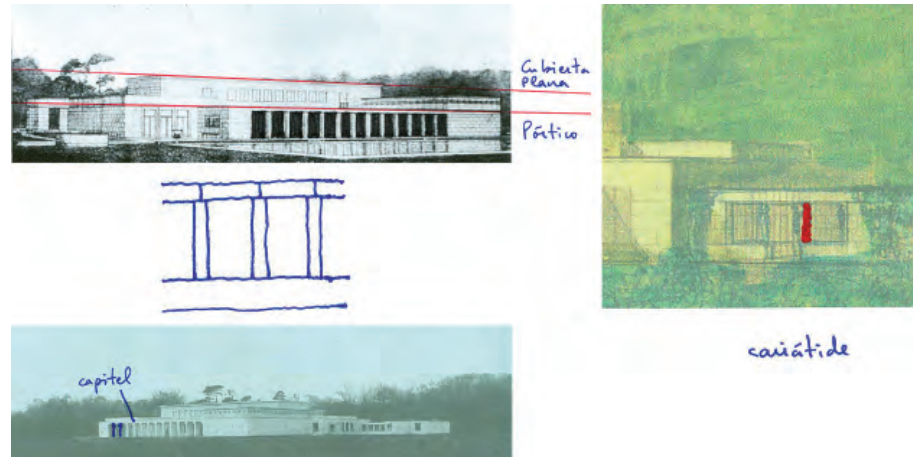
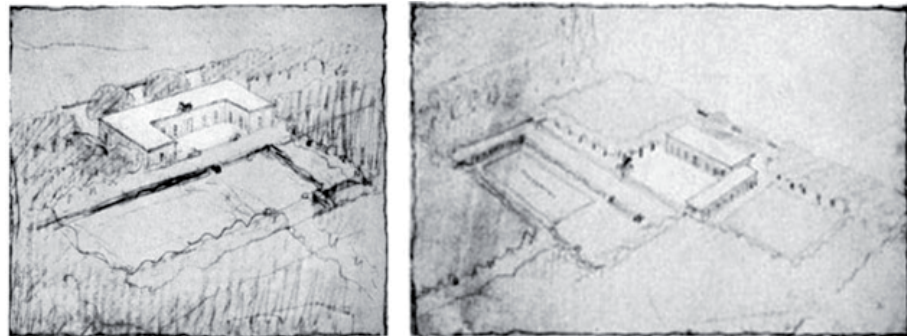
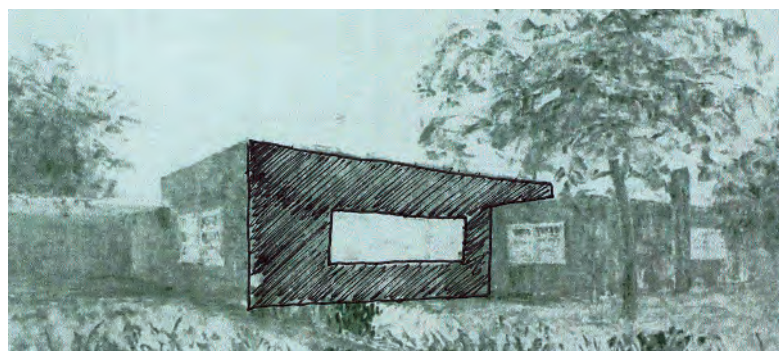


FIGURA IV.1-21  
Casa para el arquitecto, Werder,  
1914. A la izquierda, primera  
versión. A la derecha, segunda  
versión. Fuente: JOHNSON,  
Philip. *Mies van der Rohe*. The  
Museum of Modern Art, New  
York, 1978. Primera edición,  
1947



Tampoco veremos un porche porticado en el proyecto para la Casa Petermann, Potsdam, 1921. De nuevo tenemos aquí una estructura de muros de carga, y una composición asimétrica en la que se adosan prismas rectangulares de diversas alturas. Pero la expresión de la estructura ha desaparecido. Ni pilastras en relieve, ni tectónica del ladrillo, ni dinteles. Además, en la casa Petermann dibuja Mies por primera vez un hueco alargado en un muro. Un hueco en el que no hay expresión del dintel. Y un hueco en el que Mies, por primera vez, coloca la carpintería a haces exteriores (figura IV.1-22).

FIGURA IV.1-22  
Casa Petermann, Potsdam,  
1921. Interpretación del autor  
sobre dibujo de Mies.



En las casas clásicas, Mies tiende a colocar la ventana en el interior del hueco, por la mayor racionalidad constructiva y porque así podía colocar unas contraventanas en el exterior (figura IV.1-23). Pero en la casa Petermann la ventana se coloca en el exterior, o prácticamente en el exterior. La ventana y el muro están en el mismo plano. Y lo que subyace aquí es una nueva manera de entender el muro de carga como un plano continuo, y no como un muro horadado.



FIGURA IV.1-23  
Ventanas a haces interiores en la Casa Riehl, Casa Mosler y Casa Urbig. Composición del autor.

En 1923, Mies proyecta una Casa de campo en hormigón armado (figura IV.1-24), en la que lleva a la radicalidad la libertad compositiva, no sólo en planta, sino también en alzado. La ventana horizontal de la casa Petermann da un paso más. El hormigón armado, con su capacidad de trabajar a flexión, le permite una gran libertad en la composición de los huecos: ventanas en rincón, ventanas en esquina y ventanas rasgadas en la base del muro. Mies puede ahora abrir huecos que no se hubiera planteado en un muro tradicional de ladrillo. También se atreve aquí con el recurso del voladizo: losas voladas que se proyectan al exterior, para crear porches al aire libre (figura IV.1-25).

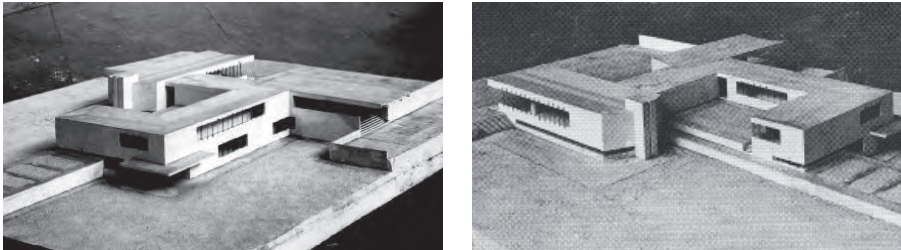


FIGURA IV.1-24  
Casa de campo de hormigón armado, 1923. Maquetas de estudio de Mies van der Rohe. Fuente: *Mies van der Rohe. Casas*. Revista 2G número 48/49, agosto 2009

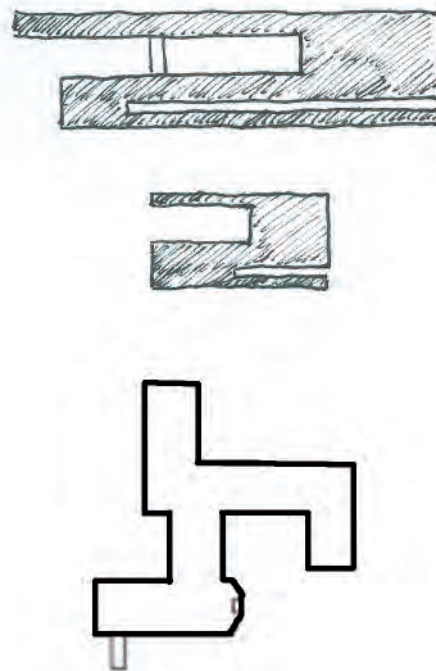


FIGURA IV.1-25  
Casa de campo de hormigón armado. Arriba, alzado lateral del porche con la columna retranqueada y ventana rasgada en la base del muro. Centro, alzado lateral sin columna. Debajo, esquema de la planta. Dibujos del autor.

Hay sin embargo una gran diferencia entre el muro de hormigón y el muro de ladrillo. En el muro de hormigón el armado va por dentro, oculto. El muro de hormigón no revela los esfuerzos con la claridad con la que lo puede hacer un muro de ladrillo, por ejemplo, el muro de la casa Mosler que hemos visto con anterioridad. En el muro de ladrillo de la casa Mosler el dintel a sardinel o de piedra queda a la vista. En el muro de hormigón el dintel es un cambio en el armado que queda oculto. El muro de hormigón es más abstracto que el muro de ladrillo. La única referencia exterior de la estructura en la casa de hormigón de Mies es la columna que soporta la losa volada, y el canto de las vigas que soportan el voladizo. Pero en sus dibujos, Mies intentará que estos elementos permanezcan en la sombra, o directamente evitará los puntos de vista que los harían evidentes (figuras IV.1-26 y IV.1-27).

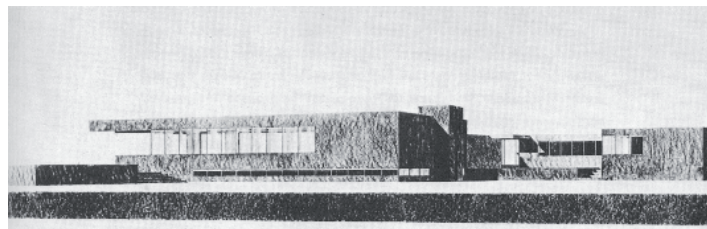
FIGURA IV.1-26

Dibujo de Mies del lateral de la casa. Fuente: *Mies van der Rohe. Casas*. Revista 2G nº 48/49, agosto 2009



FIGURA IV.1-27

Dibujo de Mies del lateral de la casa. Fuente: JOHNSON, Philip. *Mies van der Rohe*. The Museum of Modern Art, New York, 1978. Primera edición, 1947



3. Mies van der Rohe. *Bauen*. Revista G, nº 2, septiembre 1923

El propio Mies nos está dando una pista de cómo entiende el muro de hormigón cuando describe esta casa: *“La parte principal de la vivienda se apoya en cuatro pilares. Esta estructura se envuelve con una delgada piel de hormigón armado que forma simultáneamente la pared y el techo. La cubierta tiene una ligera inclinación hacia el centro para desaguar. En las paredes, se recortan huecos en aquellos lugares donde se necesita iluminar y abrir vistas”*.<sup>3</sup>



FIGURA IV.1-28  
Planta de la Casa Lessing, con sus delgados muros de hormigón armado y ventanas alargadas en color rojo. Dibujo del autor.

Aquí nos está hablando del muro como una piel envolvente y delgada, en la que puede abrir huecos con total libertad. En su siguiente proyecto residencial, la Casa Lessing, en Potsdam, 1923, volverá a recurrir a la piel envolvente y delgada de hormigón armado, con ventanas de proporción horizontal (figura IV.1-28). Y en el proyecto para la Casa Dexel, en Jena, 1925, volveremos a ver esas ventanas alargadas, que dan la vuelta en las esquinas y rincones (figura IV.1-29). Pero será en la Casa Eliat, Nedlitz, 1925, cuando recupera los porches cubiertos por imponentes losas en voladizo. Y aunque en la planta y en los alzados Mies sí dibuja las vigas de canto que sostienen esas losas (figura IV.1-30), en la perspectiva que muestra el alzado de la casa a la calle, la losa aparece delgada, sin vigas de canto que la sostengan (figura IV.1-31).

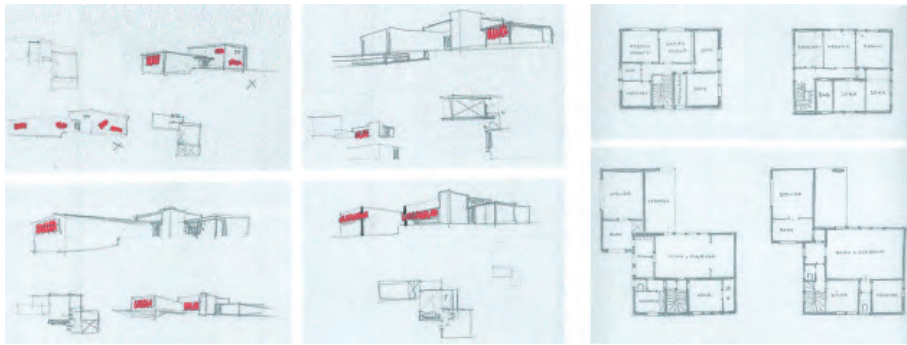


FIGURA IV.1-29  
Casa Dexel, Jena, 1925. Interpretación del autor sobre planimetría de Mies van der Rohe.

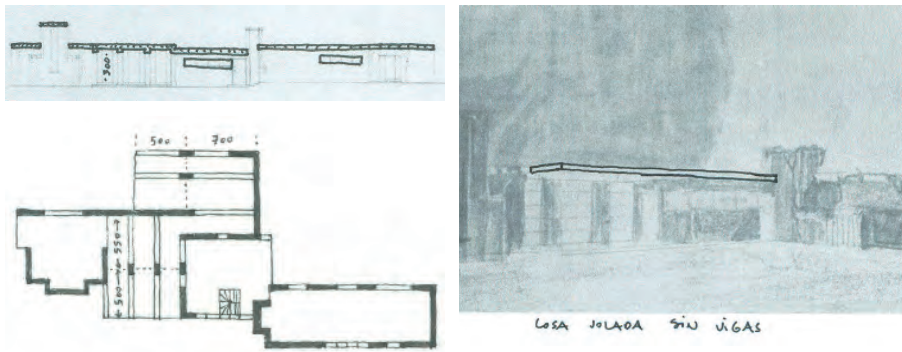


FIGURA IV.1-30, izquierda  
Casa Eliat, Nedlitz, 1925. Planta y alzado que muestran las vigas de canto que sostienen la losa volada del porche. Dibujo del autor sobre planimetría de Mies van der Rohe.

FIGURA IV.1-31  
Casa Dexel, Jena, 1925. Perspectiva de Mies van der Rohe que muestra la losa en voladizo sin vigas de canto.

Prácticamente al mismo tiempo, entre 1923 y 1924, proyectará una casa de campo, esta vez con estructura de ladrillo (figura IV.1-32). En la casa de ladrillo Mies sustituye el sistema habitual de particiones interiores por una secuencia de espacios continuos (figura IV.1-33). La pared aquí pierde su carácter de cerramiento y sirve sólo para estructurar el organismo de la casa. Con su disposición en L y en T, se consigue una gran riqueza formal, continuidad y asimetría, tanto en planta como en alzado. Esta continuidad queda bien expresada con la prolongación de los muros y los forjados en voladizo.

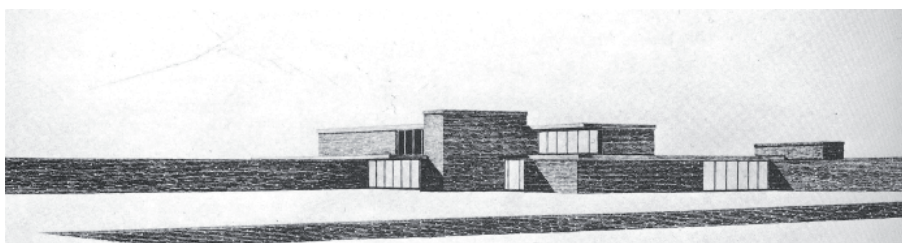


FIGURA IV.1-32  
Casa de campo de ladrillo.  
Dibujo de Mies.  
Fuente: JOHNSON, Philip.  
*Mies van der Rohe*. The Museum of Modern Art, New York, 1978. Primera edición, 1947

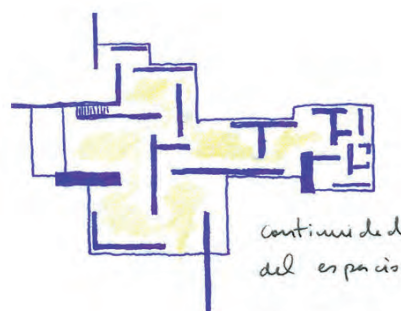


FIGURA IV.1-33  
Casa de campo de ladrillo.  
Planta con la disposición de los muros. Dibujo del autor.

Las dos Casas de Campo, la de hormigón armado y la de ladrillo, parten de una nueva manera de entender el muro. Ya no se trata aquí del muro de carga estático que conforma cajas simétricas y cerradas. Mies nos demuestra que un mismo elemento estructural, el muro, puede dar dos configuraciones espaciales tan distintas, la estática, que emplea en sus proyectos más clásicos, y esta nueva configuración abierta, continua, asimétrica, y más libre. Aquí se ha producido una radicalización del muro de carga, que conlleva una nueva forma de entender el espacio de la casa. Lo que de alguna manera estaban empezando a mostrar proyectos como la Casa Krölller-Müller o la casa Petermann, se ve reflejado en estas dos casas con la mayor radicalidad. Y los dos proyectos son posibles con elementos estructurales que tienen una mayor libertad y capacidad de trabajo a flexión. Las ventanas que se abren en la casa de hormigón armado, en esquina, en rincón, tan alargadas, sólo son posibles en un muro que es capaz de trabajar también como viga. Y eso es nuevo para Mies. Y qué decir de los enormes voladizos de sus losas.

4.  
CAPITEL, Antón. *Las columnas de Mies*. Arquitectos de Cádiz, 2004.

Como bien refleja Antón Capitel en su texto sobre *Las Columnas de Mies*,<sup>4</sup> la casa de campo de ladrillo tiene ciertas incoherencias constructivas que difícilmente se habrían resuelto con los sistemas constructivos de la época. Los muros de ladrillo necesitaban formar figuras estables en las dos direcciones del espacio, cosa que aquí no siempre ocurre. Y el techo sólo hubiera sido factible con una losa de hormigón armado o un forjado de acero, capaces de ignorar líneas de apoyo paralelas, una tecnología que todavía no había llegado a las construcciones convencionales.

Con sus dos casas de campo, Mies empieza a entender con más claridad la libertad formal y espacial que le dan la capacidad de trabajo a flexión y en voladizo del hormigón armado y el acero. Bien es verdad que como ninguno de las dos se llegó a construir, todo quedó en un experimento. Pero aquí vemos cómo el cambio de la estructura lleva aparejado un cambio en la concepción de la forma y del espacio. Y creo que Mies no habría podido llegar a este resultado sin haber entendido bien el funcionamiento de la estructura de muros de carga de sus proyectos más tradicionales. El concepto de muro de carga no es nuevo. Pero en estos proyectos se le está intentando dar un nuevo uso, por las propiedades que le confieren los nuevos materiales. Por eso decimos que lo que se está dando aquí es una radicalización del muro de carga. Otra vuelta de tuerca, que en este caso viene acompañada de un nuevo tipo de composición del espacio.

Si la casa de campo de hormigón tenía una piel continua que se convertía también en techo, e ignoraba en la medida de lo posible las columnas sustentantes, o los cantos de las vigas en voladizo, en la casa de campo de ladrillo la expresión de la estructura tampoco será muy evidente. Aunque el aparejo del ladrillo quede a la vista, como en la casa Mosler, en la casa de campo de ladrillo no hay huecos, sino simples interrupciones del muro. No hay dinteles.

Y además, hay otro asunto a destacar: la descomposición de la estructura. Los forjados de esta casa se independizan de los muros. Sus cantos quedan a la vista y sin revestir. Y estos forjados, libres, a veces se prolongan en voladizo, otras veces pasan por encima de los huecos, y otras veces se enrasan con los muros de ladrillo. Pero su sección nunca cambia. Es siempre la misma, ocurra lo que ocurra. Sea cual sea su situación y su función, el forjado permanece abstracto, como si se tratara de una tapa de quita y pon (figura IV.1-34).



Es decir, tenemos una estructura a la vista, pero abstracta, que no expresa su función portante.

La casa de campo de ladrillo será la primera vez en la que Mies descompone la estructura en elementos independientes. Esa separación se hace evidente en el distinto tratamiento material, en cómo los forjados se apoyan sobre los muros, y no se empotran, y en cómo vuelan respecto a la vertical que marca el plano del muro. Hay una voluntad de separar los planos verticales y los planos horizontales, algo muy propio del Neoplasticismo por el que, como sabemos, Mies estuvo influido durante una etapa de su carrera.<sup>5</sup>

Dentro de esta serie de proyectos en los que se radicaliza el muro de carga de ladrillo, encontramos el Monumento a Karl Liebknecht y Rosa Luxemburgo, en el cementerio Berlín-Friedrichsfelde, 1926 (figura IV.1-35). Este monumento tiene la libertad de una forma sin función, y con la libertad que tienen las esculturas, Mies construye unos prismas de ladrillo en los que el ladrillo no trabaja como muro, sino que es como una piel colgada del núcleo de hormigón del monumento. El ladrillo es aquí un revestimiento, una piel. Mies descarga al ladrillo de su función resistente, para cargarlo de función simbólica y plástica. Kenneth Frampton señala una incoherencia estructural en el aparejo de ladrillo. Los paños de ladrillo arrancan de una hilada de ladrillos en vertical, a tizón, pero la lógica constructiva nos dice que las hiladas a tizón verticales se colocan en la parte superior de un muro de ladrillo, a modo de coronación, y no en su arranque (figura IV.1-36). Este detalle nos viene a decir que la decisión de Mies de descargar al muro de función estructural es coherente con la forma constructiva, y se hace evidente al observador. Ese dejar a un lado lo resistente, ese desligar de un material su función estructural, esa trascendencia de la estructura, será una idea que Mies cultivará de aquí en adelante.

Qué diferentes son el muro de ladrillo de la Casa Mosler, el Muro de la casa de campo de ladrillo, y los muros del monumento a Rosa Luxemburgo y Karl Liebknecht. El primero es un muro que expresa su función sustentante. El segundo es un muro sustentante, pero tratado como una piel abstracta. El tercero es un muro no sustentante, un lienzo completamente abstracto (figura IV.1-37).

FIGURA IV.1-34  
Alzado parcial de la casa de campo de ladrillo. Dibujo del autor.

5.  
DREXLER, Arthur. *Ludwig Mies van der Rohe*. George Braziller, Inc, Nueva York, 1960



FIGURA IV.1-35  
Monumento a Karl Liebknecht y Rosa Luxemburgo, Cementerio Berlín-Friedrichsfelde, 1926. Fuente: internet

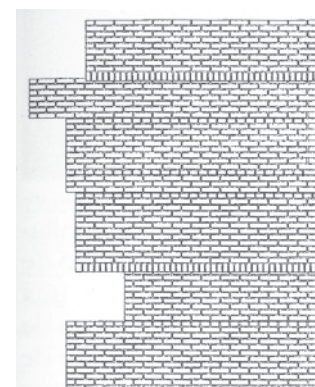
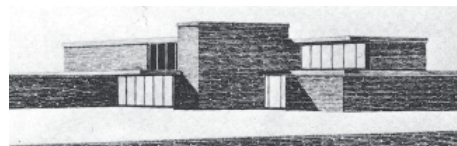


FIGURA IV.1-36  
Monumento KL-RL. Detalle de aparejo. Fuente: BLASER, Werner. *Mies van der Rohe*. Zanichelli, Serie di Architettura, Bologna, 1977

FIGURA IV.1-37  
Tres muros de ladrillo. Izquierda, casa Mosler. Derecha arriba, Casa de campo de ladrillo. Debajo, Monumento KL-RL



Dentro del esquema de casa clásica Mies evolucionó hacia un muro de ladrillo a la vista, con un aparejo y unos dinteles expresivos de su función portante. Pero en la modernización del muro, el ladrillo pierde su expresión portante para convertirse más bien en una piel, en una textura continua.



FIGURA IV.1-38  
Casa Wolf, Guben, 1927. Fuente: JOHNSON, Philip. *Mies van der Rohe*. The Museum of Modern Art, New York, 1978. Primera edición, 1947

La primera casa moderna que Mies construye es la Casa Wolf, en Guben, 1927, situada en la parte alta de un solar estrecho y alargado que cae en una serie de terrazas hacia el río Neisse (figura IV.1-38). La casa se compone de un juego escalonado de volúmenes de ladrillo visto con una disposición asimétrica en planta, de triple L, y una gran zona de estar continua que atraviesa la vivienda de este a oeste. Esta sala de estar es el primer gran espacio continuo que Mies construye, y se prolonga al exterior con dos grandes losas voladas, una hacia el patio de acceso a la vivienda, y otra, sobre la que más adelante hablaremos, a la terraza principal de la casa (figura IV.1-39).



FIGURA IV.1-39  
Casa Wolf. Plantas. Dibujo del autor.

Para entender mejor lo que supone la casa Wolf, vamos a hacer una comparativa con la Casa Mosler, que Mies proyectó y construyó entre 1924 y 1926, muy próxima por tanto en el tiempo. La estructura de la casa Wolf, con la excepción de sus dos losas voladas, no es en esencia muy diferente de la estructura de la Casa Mosler, una rotunda caja de ladrillo. Pero la forma y el espacio de estas dos casas es muy diferente. Frente al compacto volumen prismático y simétrico de la casa Mosler, el juego de volúmenes dispersos y la composición asimétrica de la casa Wolf. Frente a los espacios compartimentados de la Casa Mosler, los tres espacios concatenados de la casa Wolf, que son tres rectángulos en intersección. Pero la estructura, en esencia, es la misma. El muro de carga de ladrillo ayudado por la subestructura de acero de los dinteles. Incluso el aparejo es el mismo en ambos casos, un aparejo gótico que va alternando las sogas y los tizones en todas las hiladas.

La expresión de la estructura por otro lado, es muy diferente en las dos casas. Recordemos que en la Casa Mosler Mies hacía hincapié en la presencia de los dinteles. Pero aquí la subestructura que permite la formación de los huecos permanece oculta. Y el ladrillo, con sus

hiladas horizontales, pasa por encima de las ventanas como por arte de magia (figura IV.1-40).

Por otro lado está la losa volada en la terraza principal. Esta losa necesitó de una viga de canto que soportara el voladizo. Y la viga se hace evidente cuando uno mira a la casa desde la terraza. Pero no cuando se mira la casa desde el río. En el alzado principal de la vivienda la viga de canto desaparece, porque se retranquea respecto a este alzado, y porque además permanece oculta en la sombra. En este alzado Mies no quería mostrar el canto de la viga, sino la presencia abstracta de un forjado blanco que simplemente apoya sobre el muro de ladrillo (figuras IV.1-41 y IV.1-42).



FIGURA IV.1-40  
Casa Wolf. Ladrillo pasando por encima de la ventana con subestructura de dintel oculta.

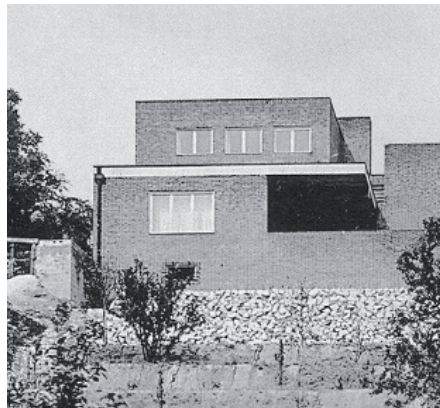


FIGURA IV.1-41, izquierda  
Losa volada en la terraza principal, con la viga de canto llegando hasta el borde.

FIGURA IV.1-42, derecha  
Vista del voladizo desde el río. La viga de canto permanece en segundo plano, oculta en la sombra.

Mies es plenamente consciente de que los nuevos materiales, el acero y el hormigón, le permiten formar grandes huecos y le permiten volar los forjados. Sabe que los nuevos materiales producen un cambio espacial, y también formal. Y sabe que la imagen de la Arquitectura está cambiando. Pero todavía está madurando cómo la nueva estructura se manifiesta al exterior. De momento, los elementos de acero permanecen ocultos en el ladrillo, o forrados con escayola y cemento blanco (figura IV.1-43).

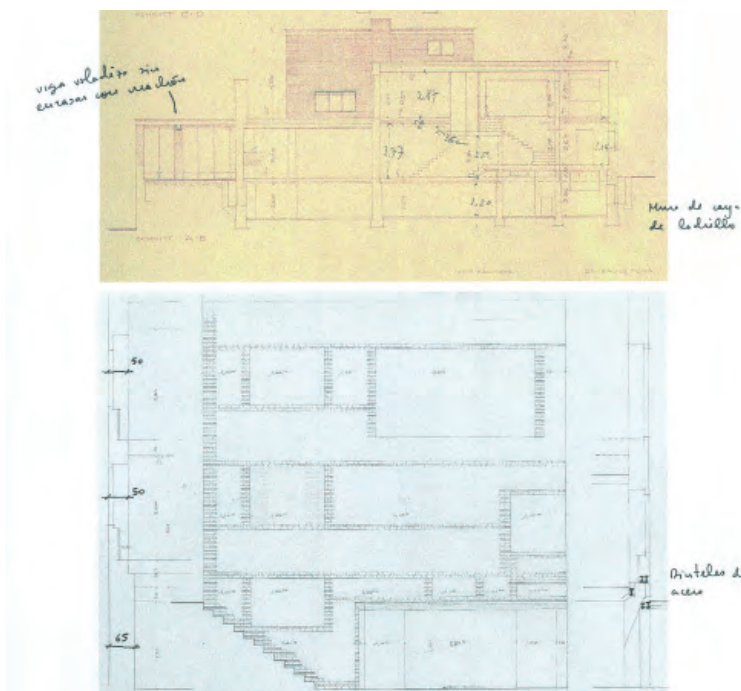


FIGURA IV.1-43  
Arriba, sección transversal de la casa Wolf por la losa volada de la terraza principal. Debajo, detalle constructivo del muro de ladrillo con los dinteles de acero embebidos en el muro. Interpretación del autor sobre planimetría de MvdR.



FIGURA IV.1-44  
Casa Wolf. Ventanas a haces exteriores del muro.

6. En la casa Esters Mies hubiera preferido unos huecos aún mayores. Así lo atestiguan una acuarela que hoy se conserva en el MoMa y una entrevista de 1966: “Yo quería hacer esta casa con más vidrio, pero al cliente no le gustaba”. Fuente: *Mies van der Rohe. Casas*. Revista 2G 48/49, agosto 2009



FIGURA IV.1-45  
Casa Esters, Krefeld, 1930. Fuente: *Mies van der Rohe. Casas*. Revista 2G número 48/49, agosto 2009

FIGURAS IV.1-46 Y 47  
Izquierda, plantas de la casa Esters. Derecha, plantas de la casa Lange. Dibujo del autor.

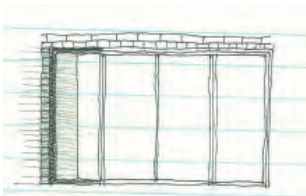
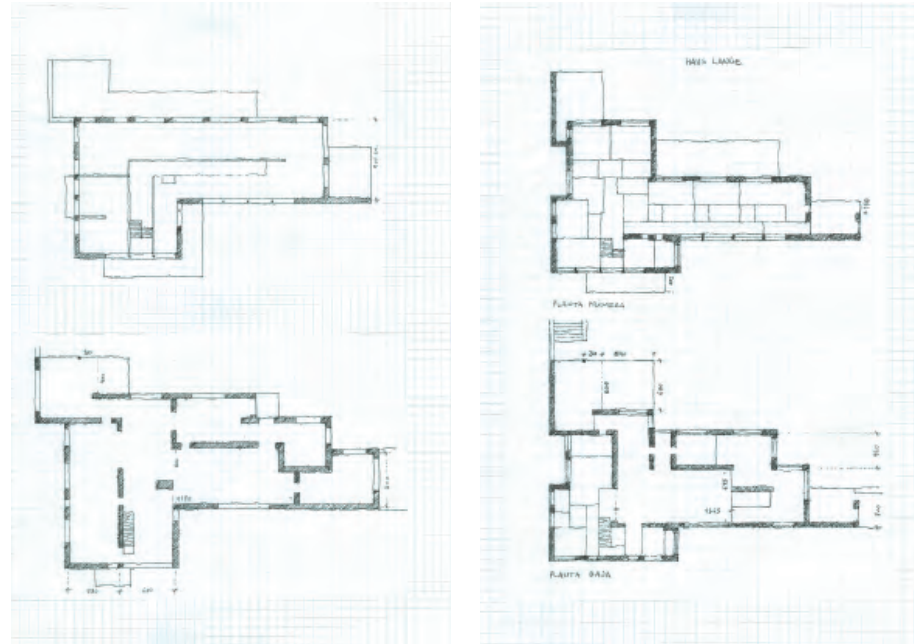


FIGURA IV.1-48  
Ventana de la casa Esters ocultando el espesor del muro. Dibujo del autor.

Otra diferencia importante con respecto a la casa Mosler es la colocación de las ventanas a haces exteriores, que conlleva que el gran espesor de los muros de ladrillo, 65 cm en sótano y 50 cm en el resto de plantas no se haga patente en el exterior. El acero permanece oculto, y el ladrillo visualmente se adelgaza, se trata como si fuera una piel continua (figura IV.1-44).

De alguna manera, hay un ocultamiento de la estructura. El tratamiento de estos elementos estructurales es más plástico que expresivo.

Y como un paso más en esta evolución, Mies proyectará y construirá entre 1927 y 1930, en Krefeld, dos casas quasi-gemelas, la Casa Esters (figura IV.1-45 y IV.1-46) y la Casa Lange (figura IV.1-47). Estas casas ocupan dos solares contiguos de grandes dimensiones, 115x85 metros el de la casa Lange y 115x75 metros el de la casa Esters. Aquí continúa Mies los sistemas compositivos de la Casa Wolf; plantas asimétricas, concatenación y continuidad de los espacios, huecos grandes,<sup>6</sup> losas voladas, etc.



La estructura en ambas casas es mixta, formada por muros de carga de ladrillo y perfiles de acero. El tratamiento del ladrillo es similar al de la Casa Wolf, como si de una piel de ladrillo se tratara, más que un muro masivo con capacidad portante. También aquí las ventanas se colocan a haces exteriores, ocultando el enorme espesor del muro. Y también el ladrillo pasa como si nada por encima de los huecos (figura IV.1-48). Esa sensación de ladrillo como piel se refleja muy bien en la solución de esquina y rincón del aparejo. La soga de la fachada norte se convierte en tizón en la fachada este, y viceversa con el tizón. La esquina no es pues simétrica, como lo eran las esquinas de los edificios renacentistas, sino que hay aquí más bien la sensación de una piel continua que dobla (figura IV.1-49).

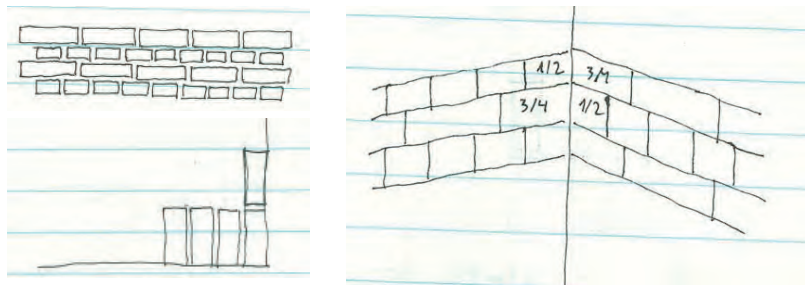


FIGURA IV.1-49  
Aparejo de ladrillo y solución de esquina continua en las casas de Krefeld. Dibujo del autor.

Pero lo que queríamos destacar de estas casas es la presencia del acero. De hecho, ésta es la primera vez que Mies coloca un pilar de acero exento. Las dos grandes losas voladas, que en ambas casas sirven de acceso al jardín, están apoyadas por sendos pilares de sección cuadrada, ligeramente retranqueados respecto al borde de la losa blanca y pintados de color oscuro, de manera que por medio del contraste, la losa blanca parece flotar. El perfil de acero quiere quedar en un segundo plano, pero ahí está (figuras IV.1-50 y IV.1-51).

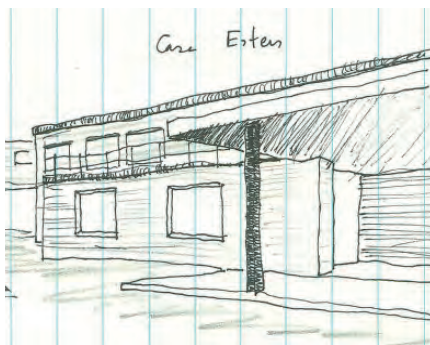


FIGURA IV.1-50  
Columna de acero sosteniendo la losa volada que da al jardín. Dibujo del autor.

FIGURA IV.1-51  
Fachada al jardín de la Casa Esters. La columna de acero de color oscuro, y a la sombra, queda en un segundo plano en contraste con el borde blanco de la losa volada.

A diferencia de la Casa Wolf, en las casas de Krefeld el acero, aunque tímidamente, en un segundo plano, sale a la vista. Lo encontramos también en los parteluces de los grandes huecos rasgados, aunque camuflado entre las carpinterías de las ventanas (figura IV.1-52). Y lo encontramos parcialmente a la vista conformando los dinteles de las ventanas (figuras IV.1-53 y IV.1-54). Pareciera que en estas casas hubiera una pulsión latente del acero por salir al exterior, por hacerse presente, por decirnos que la época del ladrillo toca a su fin. Qué lucha tan hermosa y tan silenciosa, la del ladrillo y el acero en estas casas. Aunque de momento, estas casas siguen siendo fundamentalmente de ladrillo. Véase por ejemplo el gran dintel del hueco del garaje de la casa Lange, completamente cubierto por ladrillo. (figura IV.1-55)



FIGURA IV.1-52  
Parteluz de acero en las ventanas horizontales de las casas de Krefeld. A la izquierda, vista exterior. A la derecha, vista interior con el parteluz forrado con chapa blanca. Fotografías del autor.

FIGURA IV.1-53, izquierda  
 Presencia del dintel de acero en  
 una ventana de la Casa Esters.  
 Fotografía del autor.

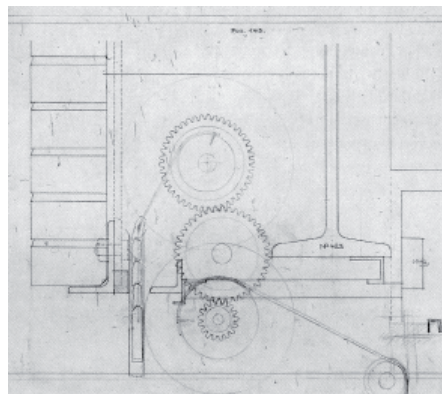


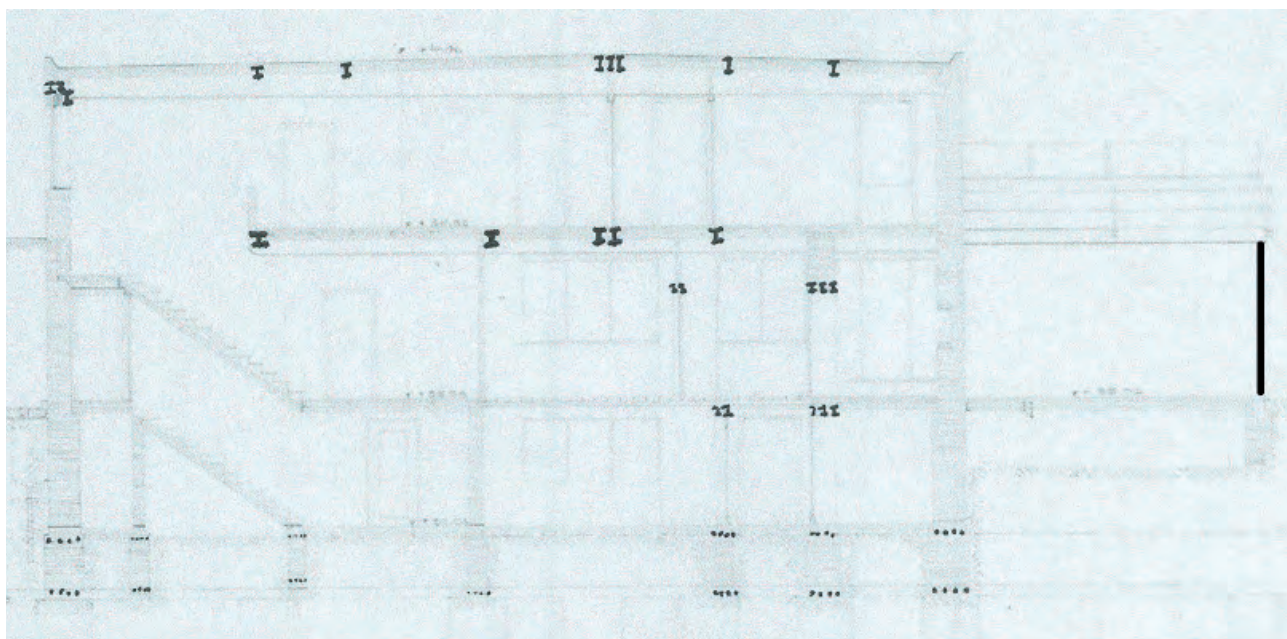
FIGURA IV.1-54, derecha.  
 Detalle de formación del dintel  
 en las casas de Krefeld. Fuente:  
 RILEY, Terence. *Mies in Berlin*.  
 The Museum of Modern Art,  
 New York, 2002



FIGURA IV.1-55  
 Dintel de ladrillo ocultando la  
 subestructura de acero en el  
 hueco de garage de la Casa  
 Lange. Fotografías del autor.

FIGURA IV.1-56  
 Sección de la casa Lange. En  
 negrita, elementos de acero.  
 Interpretación del autor sobre  
 planimetría de Mies.

Estas dos casas de Krefeld suponen un punto claro de evolución en cuanto al tratamiento de la estructura, pero la sensación sigue siendo ambigua. Por eso podríamos decir que el tema de estas casas es la tensión entre la piel de ladrillo y la estructura de acero, porque tenemos una estructura de muros de carga de ladrillo en pulsión con un esqueleto de acero que más adelante sí se mostrará. (figura IV.1-56).



### IV.1.3. ESTRUCTURA VISTA. CASA CON ESTRUCTURA DE ACERO DE LA COLUMNA RETRANQUEADA A LA COLUMNA ADELANTADA.

#### IV.1.3a Mesa de acero con columnas retranqueadas

- 1928-1930. Casa Tugendhat. Brno
- 1929. Casa Emil Nolde. Berlín. Proyecto
- 1931. Casa modelo. Exposición de la Construcción. Berlín
- 1931. Casas Patio: Casa patio en hilera.
- 1932. Casa Gericke. Berlin
- 1934. Casa con tres patios
- 1934. Casa con patio y garage
- 1934. Casa en la Montaña para el Arquitecto. Tirolo
- 1935. Casa Hubbe. Magdeburgo
- 1935. Casa Ulrich Lange. Krefeld
- 1938. Grupo de casas patio

#### IV.1.3b Estantería de acero con columnas retranqueadas

- 1934. Casa de vidrio en una colina. Proyecto
- 1934. Casa en una terraza. Proyecto
- 1937-1938. Casa Resor. Jackson Hole. Wyoming. Proyecto

#### IV.1.3c Mesa/Estantería con columnas adelantadas y espacio diáfano

- 1946-1947. Casa Cantor. Indianapolis. Proyecto
- 1950. Casa Caine. Winnetka. Illinois. Proyecto
- 1946-1951. Casa Farnsworth. Plano-Illinois
- 1950-1951. Casa 50'x50'. Proyecto

#### IV.1.3d Jaula de acero y espacio diáfano

- 1950-1951. Steel frame prefabricated row houses
- 1951-1952. Casa McCormick. Elmhurst, Illinois
- 1951-1953. Casa Morris Greenwald. Weston. Connecticut
- 1955. Casa Herbert Greenwald, Lake Forest, Illinois. Proyecto
- 1955-1963. Viviendas de Lafayette Park, Detroit

7.

A primeros de julio de 1928 el gobierno alemán encarga a Mies el diseño del Pabellón de Barcelona. En octubre de ese mismo año el diseño estaba definido, y entre octubre y febrero se dibujaron los planos del proyecto. Las obras comenzaron en febrero y se inauguró el pabellón el 26 de mayo de 1929. Fuente: SOLÁ MORALES, I. CIRICI, C. RAMOS, F. *Mies van der Rohe. Barcelona Pavilion*. Ed. Gustavo Gili, Barcelona, 2002.

8.

VITASKOVA, Jitka. *Tugendhat Villa*. Foundation of Tugendhat Villa, Brno, 2009

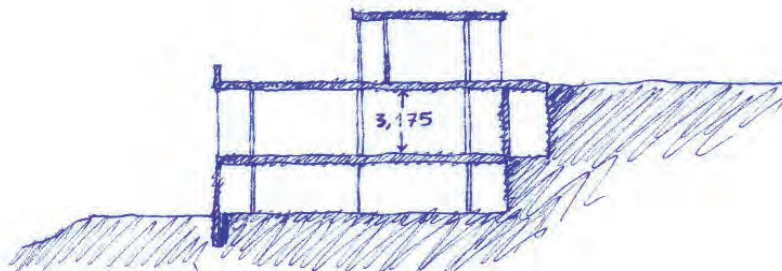
#### IV.1.3a. MESA DE ACERO CON COLUMNAS RETRANQUEADAS

La casa Tugendhat, en Brno, 1928-1930, es la primera vivienda en la que Mies emplea la estructura reticular de acero. En apenas unos meses Mies pasará de la estructura de las casas de Krefeld, muros de ladrillo en los que la subestructura de acero permanece oculta en su mayor parte, a una retícula de columnas de acero a la vista. El proyecto se desarrolla casi en paralelo al del Pabellón de Barcelona.<sup>7</sup> En septiembre de 1928 Mies viaja a Brno para inspeccionar la parcela, un terreno de unos 2000 m<sup>2</sup> situado en una ladera con vistas al centro de la ciudad. El proyecto se desarrolla entre 1928 y principios de 1929, y la construcción, entre junio de 1929 y diciembre de 1930.<sup>8</sup>

La casa tiene tres plantas (figura IV.1-57). La planta primera, la de acceso, se descompone en tres áreas, una para dormitorio de padres, otra para dormitorios de niños, y una tercera para habitación de servicio y garaje. Entre estos tres volúmenes se abre la gran terraza. Y entre la zona de padres y la de los niños se coloca el vestíbulo de acceso. A la planta baja se accede a través de una escalera semicilíndrica (figura IV.1-58). Aquí está la gran zona de estar, que a pesar de estar abierta y en continuidad, establece varias zonas para el estudio, la biblioteca, el comedor, el piano y el estar. Las alfombras, las cortinas, un muro de ónice o una pantalla semicilíndrica de madera de ébano sirven para configurar estas divisiones. Pero sobre todo destaca en esta estancia el gran frente acristalado en L, con el lado mayor de 23 metros a suroeste, y el lado menor de 15 metros a sureste, que encierra un invernadero. El frente mayor es escamoteable, gracias a un ingenioso mecanismo que se sitúa en la planta semisótano. La cristalera desciende, y el salón queda en perfecta continuidad con el paisaje. También en esta planta encontramos la zona de cocinas y habitaciones para el servicio. Por el lado norte de la sala de estar se sale a una terraza que conduce al jardín por una escalera paralela al lado mayor de la vivienda. Desde la calle de acceso en planta azotea hasta este jardín hay pues un recorrido en S que se va encadenando con las vistas enmarcadas y el lujo de los materiales, una auténtica *promenade architecturale*. Por último, en la planta semisótano están los almacenes y varias zonas de instalaciones y servicio; aire acondicionado, calefacción, sala de revelado de fotografía, lavandería, y el mecanismo para bajar el ventanal de la sala de estar.

FIGURA IV.1-57.

Sección de la Casa Tugendhat.  
Dibujo del autor.



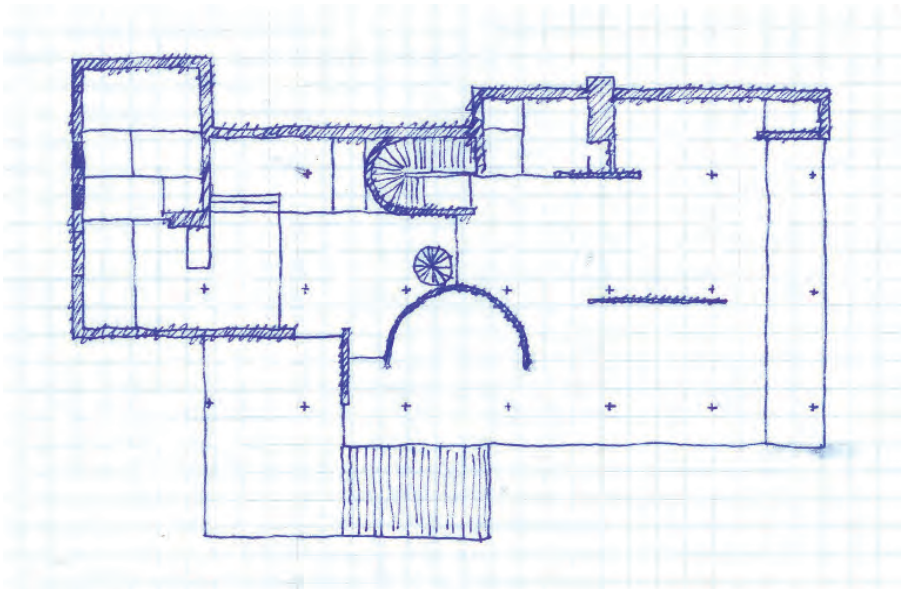


FIGURA IV.1-58.  
Casa Tugendhat. Planta baja.  
Dibujo del autor.

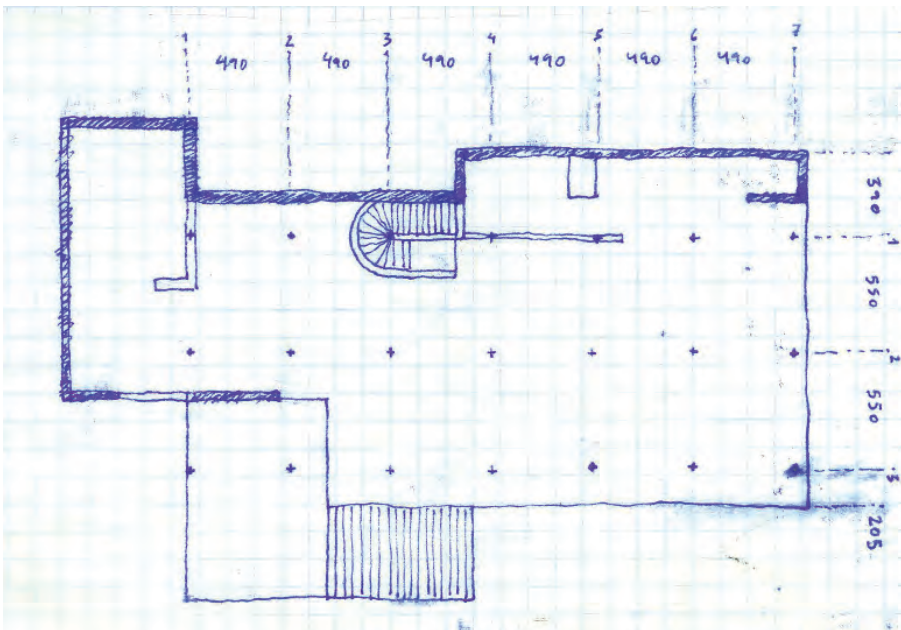


FIGURA IV.1-59.  
Casa Tugendhat. Estructura de  
la planta baja. Dibujo del autor.

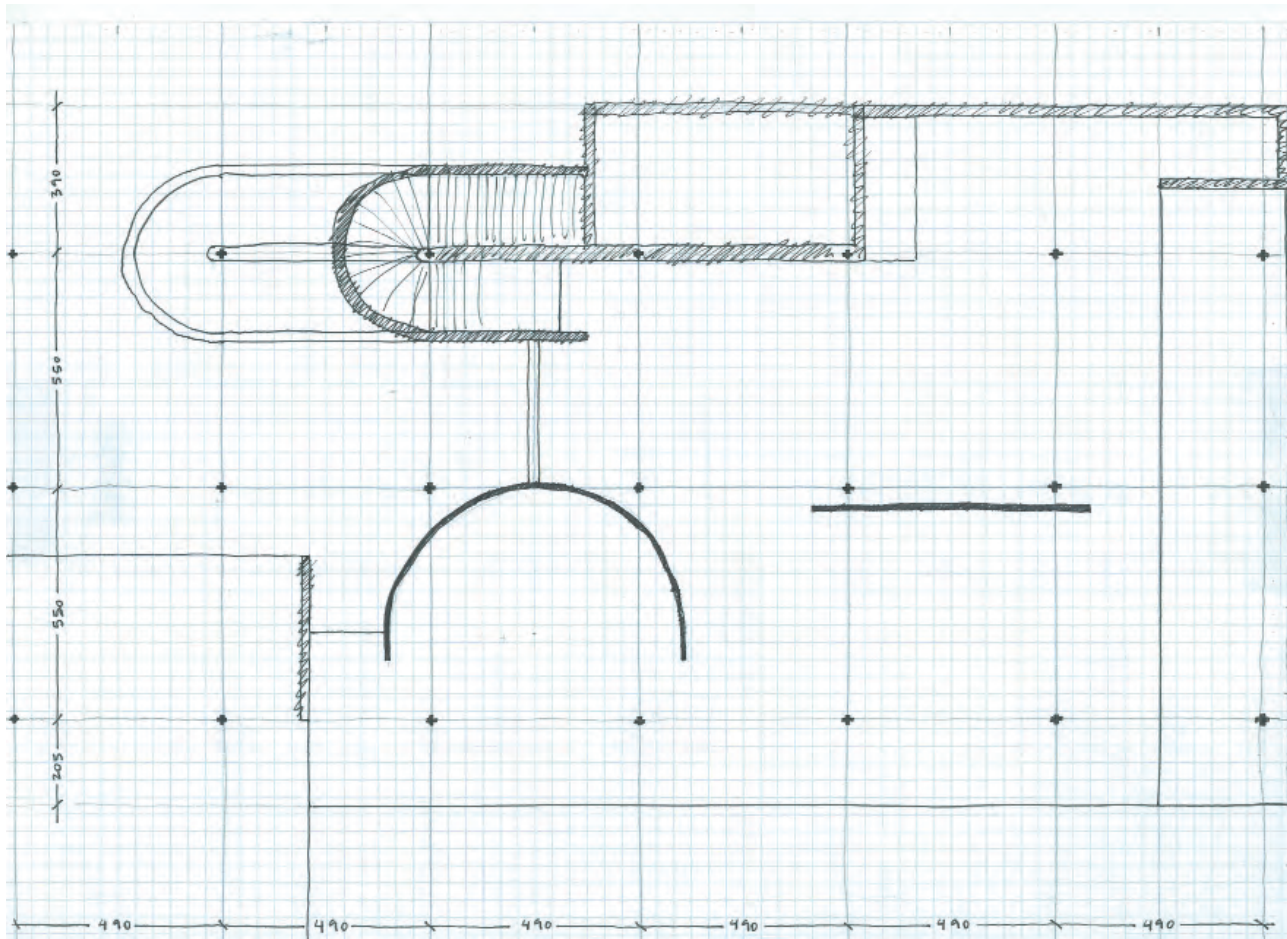
9.  
NORBERG-SCHULZ, Christian.  
*Los principios de la Arquitectura Moderna*. Estudios Universitarios de Arquitectura. Reverté, Barcelona, 2005.

En línea con las composiciones modernas de Mies, la planta de la casa Tugendhat es asimétrica, dinámica, continua, a pesar de estar estructurada por una retícula de columnas rectangular y ordenada (figura IV.1-59). Como bien explica Christian Norberg Schulz, una de las consecuencias de esta planta libre es que la función portante se independiza de la función de compartimentar los espacios.<sup>9</sup> Las columnas puntúan el espacio y las paredes de piedra, madera, o las cortinas, delimitan los espacios (figura IV.1-60).

10.  
VITASKOVA, Jitka. *Tugendhat Villa*. Foundation of Tugendhat Villa, Brno, 2009

Cuenta Greta Tugendhat en una entrevista cuál fue su impresión cuando vieron por primera vez las plantas de su vivienda. “Al comienzo vimos las plantas de una gran sala en la que había dos muros sueltos, uno semicircular y otro recto. Notamos que había pequeñas cruces separadas unos cinco metros entre sí y preguntamos ¿Qué es esto? Mies contestó con calma. Son los soportes de acero que mantienen la estructura. En aquel tiempo no había ninguna casa con ese tipo de estructura, así que puede usted imaginar nuestra sorpresa inicial”.<sup>10</sup>

FIGURA IV.1-60.  
Casa Tugendhat. Planta detalle de la zona de estar. Dibujo del autor.

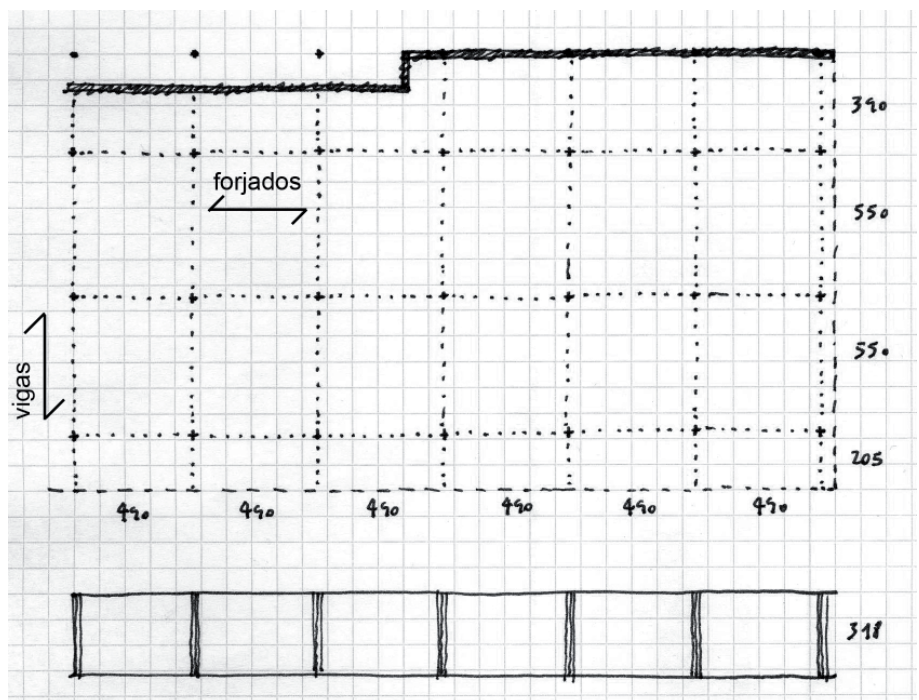


En origen, los pilares estaban libres de particiones y cerramientos no sólo en la sala de estar, sino también en la planta superior, pero los Tugendhat pidieron a Mies que en planta primera quedaran embutidos en el cerramiento. El empleo de la estructura de columnas libres es similar al del Pabellón de Barcelona.

La estructura está formada por pórticos de acero sobre columnas cruciformes.<sup>11</sup> Es una estructura unidireccional, de acero laminado, compuesta por 7 módulos en la dirección este-oeste, y 3 módulos en la dirección norte-sur. La crujía es rectangular, 490x550 cm, y no un cuadrado perfecto, como se podría pensar dada la forma cruciforme del pilar. Las vigas, de 550 cm de longitud, se disponen en perpendicular al gran frente acristalado de la sala de estar, y los forjados en paralelo (IV.1-61).

El pilar cruciforme tiene la misma inercia en las dos direcciones, la de las vigas y la de los forjados, y evidentemente la dirección de las vigas está más solicitada que la dirección de los forjados, por lo que podemos concluir que el pilar está sobredimensionado en la dirección de los forjados, la dirección paralela al gran frente acristalado de la sala de estar.

Además, si analizamos la inercia de la columna cruciforme, también podemos concluir que los criterios de diseño de esta columna van más allá de lo estrictamente mecánico. El pilar cruciforme de la casa Tugendhat está formado por cuatro L cuadradas de 90 mm de lado y 10 mm de espesor, y tiene una inercia de 1.266,48 cm<sup>4</sup>. Pero si en vez de la disposición cruciforme, Mies hubiera dispuesto una agrupación en cuadrado, hubiera obtenido una inercia de 4.024,36 cm<sup>4</sup>. Es decir, con los mismos elementos, se podría haber conseguido una columna con una inercia cuatro veces superior. Una columna mucho más resistente, simplemente con un cambio de forma (figura IV.1-62).



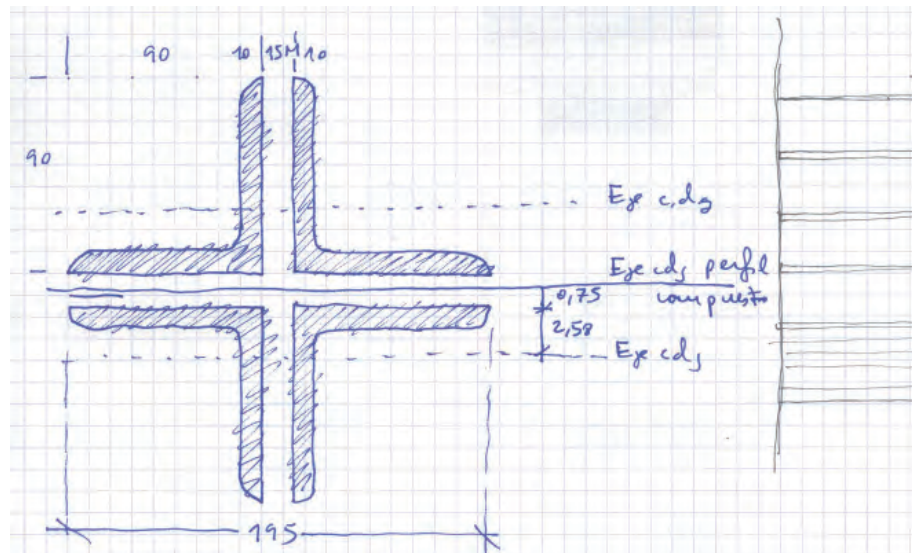
11. Bruno Taut había empleado con anterioridad la columna cruciforme en el Versuchspavilion, Berlín, 1928. Fuente: Exposición Bruno Taut, Construcción cromática. Fundación COAM, Madrid, 2011.



FIGURA IV.1-61. Casa Tugendhat. Estructura reticular. Las vigas se disponen en perpendicular al alzado principal de la vivienda, con un voladizo en fachada de 2,05 metros. Los forjados se disponen en la dirección paralela a la fachada. Dibujo del autor.

FIGURA IV.1-62

Arriba. Cálculo de la inercia de la columna cruciforme de la casa Tugendhat. Debajo, hipótesis de inercia de una columna cuadrada compuesta con los mismos elementos de la columna de la casa Tugendhat, 4xL.90.10. La columna cuadrada tiene una inercia cuatro veces superior a la columna cruciforme, estando ambas compuestas por los mismos elementos. Dibujo del autor.



L. 90.10, según EA 95.

Area: 17,10 cm<sup>2</sup>

$I_x = 127 \text{ cm}^4$

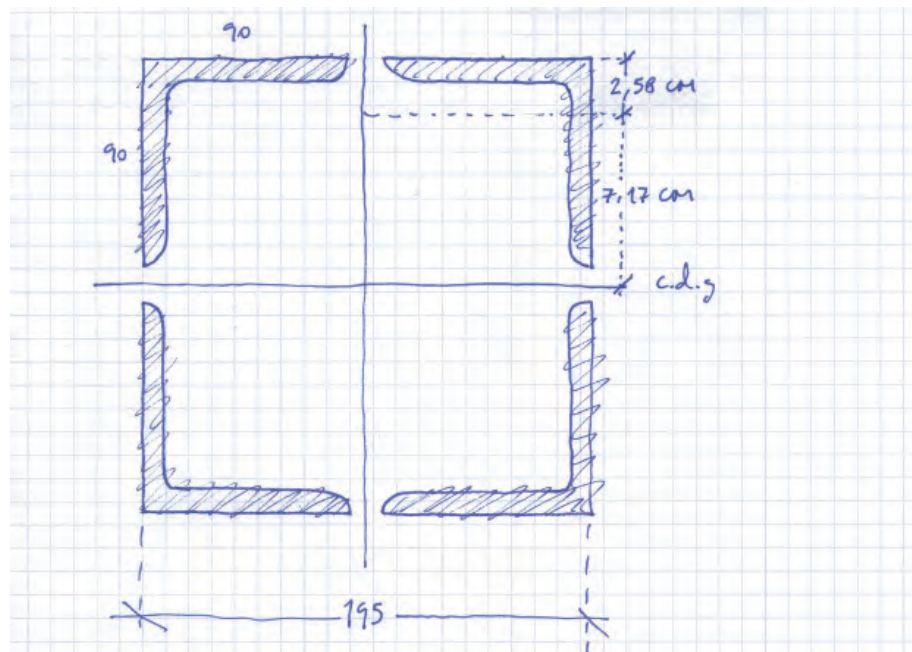
Posición del c.d.g.: 2,58 cm de cada lado de la L

$i$ , radio de giro: 2,72 cm

$I$  del perfil compuesto según Teorema de Steiner.

$$I_o = I_c + A \cdot d^2$$

$$I_o = 4 (127 \text{ cm}^4 + 17,1 \text{ cm}^2 \cdot 3,33^2 \text{ cm}^2) = 1.266,48 \text{ cm}^4$$



$$I_o = I_c + A \cdot d^2$$

$$I_o = 4 (127 \text{ cm}^4 + 17,1 \text{ cm}^2 \cdot 7,17^2 \text{ cm}^2) = 4024,36 \text{ cm}^4$$

Mies no está buscando en estas columnas el estricto cumplimiento de la lógica estructural. No está buscando una columna eficiente. Hay algo más.

En la casa Tugendhat hay tres tipos de columnas cruciformes.

(1) Columnas con camisa de acero galvanizado pintado en negro en las zonas exteriores (terracea de planta primera y planta baja, figura IV.1-63).

(2) Columnas sin revestir, pintadas de blanco, en la zona de cocina y servicio (figura IV.1-64).

(3) Columnas revestidas con camisa de acero cromado en la gran zona de estar (figura IV.1-65).



FIGURA IV.1-63.  
Columna cruciforme revestida con una camisa de acero color negro. A la izquierda, terraza de la planta baja. A la derecha, arriba, zona de acceso en planta primera. Debajo, terraza de planta primera. Fotografías del autor.



FIGURA IV.1-64.  
Columna cruciforme pintada de blanco, sin camisa de revestimiento. Fotografías del autor.

FIGURA IV.1-65.  
Columna cruciforme revestida  
con camisa reflectante de acero  
cromado. Fotografías del autor.



(1) Las columnas negras tienen voluntad de desaparecer, de quedar en un segundo plano en sombra. Siempre sustentan un techo blanco y apoyan sobre un suelo casi blanco. Es decir, son columnas en discontinuidad con techo y suelo. Y son columnas hinchadas. La camisa que las reviste oculta los auténticos perfiles sustentantes.

(2) Las columnas blancas se dejan para los espacios de servicio, para las zonas de menos interés de la casa. Estas columnas no tienen la camisa redondeada, sus bordes son más afilados. Son más tensas, más expresivas de su función y de su materialidad. Como el techo que sustentan es blanco, y el suelo también es blanco, aquí sí hay continuidad, al menos de color, entre techo-soporte-suelo. Estas columnas no tienen voluntad de desaparecer. No ocultan la perfilería que las conforma. Mies podría haber seguido este mismo diseño para las columnas negras. Podría haber pintado las columnas exteriores de negro sin necesidad de emplear la camisa de revestimiento. Pero no lo hizo. Prefirió hinchar las columnas exteriores, y redondear sus bordes. Qué

diferentes son la columna hinchada de la casa Tugendhat, y la columna que emplea Bruno Taut en su Versuchspavilion de Berlín, mucho más esbelta, mucho más estilizada, casi filiforme (página 185).

(3) Por último, las columnas con camisa de acero cromado, son las más importantes. La sección cruciforme tiene una función similar a la de las acanaladuras de las columnas de la Grecia clásica. Como veíamos cuando estudiábamos el Partenón, el juego de entrantes y salientes produce una desmaterialización de la columna (figuras IV.1-66).

Si a eso le añadimos que los bordes de la cruz son redondeados, y que el material de revestimiento brilla y refleja (no un reflejo perfecto como el de un espejo bruñido, sino un reflejo deformado), el efecto de desmaterialización de la forma se intensifica aún más. Mies quiere que estas columnas sean elementos plásticos que participan del juego de reflejos de la casa, junto a los tubos de acero de los sillones y sillas, los vidrios o el ónice dorado (figuras IV.1-67).

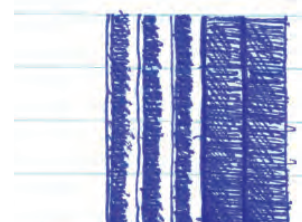
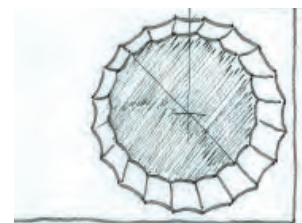


FIGURA IV.1-66.  
El efecto desmaterializador del acanalado de la columna griega. Dibujo del autor.

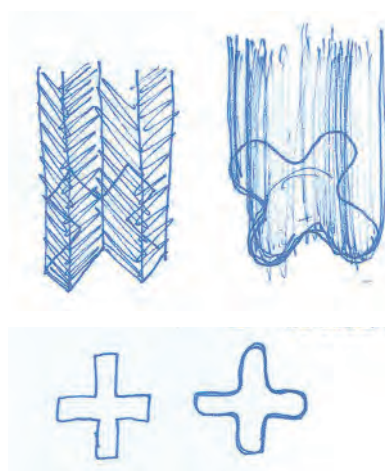
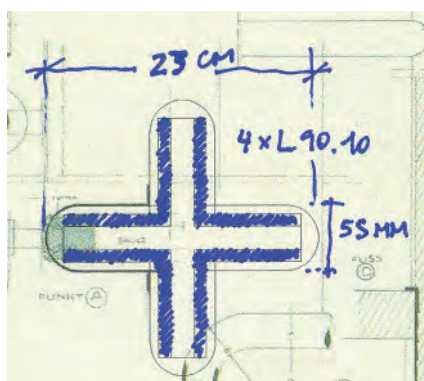


FIGURA IV.1-67.  
El efecto desmaterializador de los brazos cruciformes y redondeados en la columna de la casa Tugendhat. Dibujo del autor.

Las columnas se revisten como si fueran elementos lujosos. Pero desmaterialización no significa desaparición. Al menos cuando estamos en el interior de esta sala de estar, no podemos ignorar la presencia mágica de estas columnas brillantes. Es cierto que su apariencia formal es confusa, pero ahí están, mágicas, irreales, como flotando. Forman parte del juego del espacio. Sólo la intersección con el techo y el suelo informan sobre la verdadera sección cruciforme. El efecto del brillo y el reflejo es claramente un efecto ilusorio (figura IV.1-68).

En el juego simétrico entre el techo blanco y el suelo blanco de linóleo, los pilares de acero cromado son una ruptura de la continuidad. Como si Mies quisiera decirnos que la losa no apoya en los pilares cruciformes, sino que queda suspendida sobre ellos. Unos pilares blancos habrían enfatizado la idea de apoyo de la losa blanca sobre los pilares blancos hasta el suelo blanco. También los griegos buscaban en sus templos esa desmaterialización de sus columnas, que las hacía más esbeltas, menos sólidas y robustas.

Y de hecho, cuando miramos la casa desde fuera, es cuando mejor se aprecia el efecto de la losa flotando sobre las columnas. El techo de



FIGURA IV.1-68.  
Reflejo deformado de la superficie cromada. Fotografía del autor.

la sala de estar se funde con el peto de la terraza y forma un potente dintel blanco que vuela 2,05 metros respecto a las columnas. Aunque desde fuera vemos el brillo de las columnas, el contacto de estas con el techo queda en sombra, desaparece. Y este efecto se ve tanto en una fotografía de época como en una más actual. También aquí observamos cómo las columnas negras de la terraza desaparecen, así como la carpintería negra del frente acristalado (figuras IV.1-69 y IV.1-70). Es como si se hubiera metido una hermosa caja de cristal dentro de una caja blanca. La caja blanca sirve para resolver los encuentros con el terreno, las barandillas, y el resto de servidumbres funcionales. Y así la caja de cristal queda libre de toda servidumbre. La tensión de esta casa se encuentra en esa zona de estar. Y ahí, Mies nos propone un espacio mágico, donde los pilares son esculturas de hielo que desaparecen, y los cerramientos son espejos mágicos, de hermosos colores, que reflejan la luz. Donde el acero queda oculto.

FIGURA IV.1-69.  
Fotografía antigua de la casa Tugendhat. El tramo superior de las columnas queda en sombra, desdibujando el apoyo de la losa. Fuente de la fotografía: internet

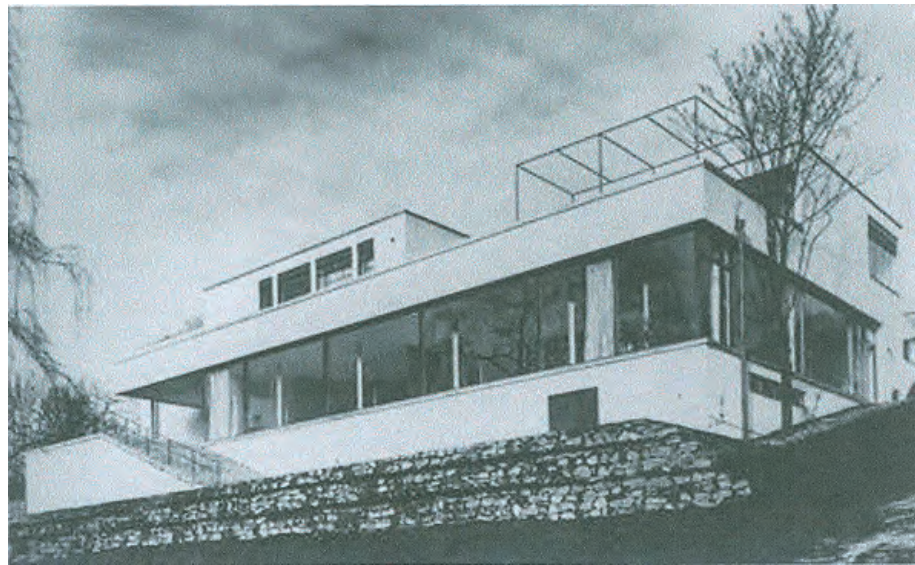


FIGURA IV.1-70.  
Fotografía actual de la casa Tugendhat que sigue mostrando la zona de apoyo techo-columna en sombra. Fotografía del autor.



Otra idea a destacar de la estructura de la casa Tugendhat es la nula percepción de la retícula estructural. La historia de la Arquitectura nos muestra ejemplos de salas hipóstilas en las que la percepción de la crujía es muy clara, como la sala hipóstila del templo de Amón en Karnak o de la mezquita de Córdoba (figura IV.1-71 y IV.1-72). En ambos casos las columnas quedan a la vista, y también las vigas y los forjados. La célula básica de una retícula estructural está compuesta por cuatro columnas enfrentadas, es decir, cuatro columnas, dos pórticos o vigas, y el forjado entre las dos vigas.



FIGURA IV.1-71. Sala hipóstila del templo de Amón en Karnak. Columnas, vigas y forjados a la vista. Fotografía del autor.

FIGURA IV.1-72. Sala hipóstila de la mezquita de Córdoba. Columnas, arquerías y forjados a la vista. Fuente: internet

En la casa Tugendhat sin embargo, las vigas están ocultas por el falso techo de escayola, y evidentemente también los forjados. Pero es que además, la disposición de las particiones se hace de manera que nunca cuatro columnas de una misma crujía queden liberadas. No tenemos aquí la sensación de sala hipóstila. La pantalla de ónice y la pantalla cilíndrica de madera evitan esa lectura (figuras IV.1-73 y IV.1-74). Sólo la hilera de columnas más próxima al cerramiento de vidrio queda liberada. La estructura forma parte del espacio, lo enriquece, lo puntúa, pero no se expresa por completo.<sup>12</sup>

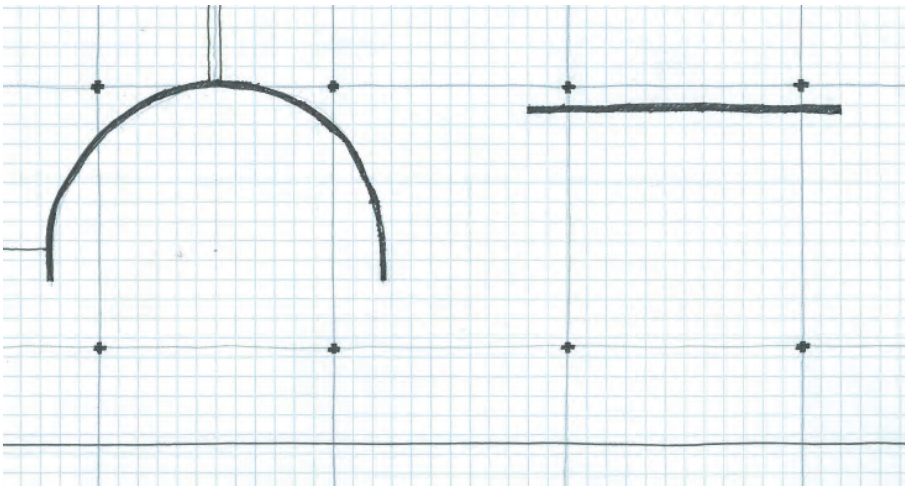


FIGURA IV.1-73, arriba La pantalla de ónice interrumpe la vista de las columnas desde la zona de estar más próxima al jardín. Fotografía del autor.

FIGURA IV.1-74, izquierda Detalle de planta que muestra la interrupción visual de la retícula estructural. Dibujo del autor.

12.

Hay dos dibujos de Mies de la Casa Tugendhat que nos muestran dos instantes de maduración de la retícula estructural de acero. En la figura IV.1-b presenta un esquema de la planta con una distribución desordenada de columnas. En la figura IV.1-c, muestra la relación entre la estructura y la construcción. Hemos acentuado el despiece del pavimento para resaltar que en el invernadero de la sala de estar no hay una estricta coincidencia entre los ejes de la estructura y la modulación de la construcción.

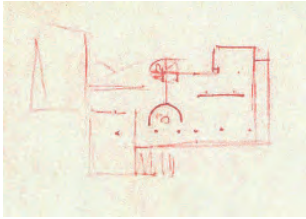


FIGURA IV.1-b. Dibujo de Mies van der rohe

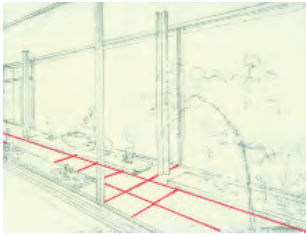


FIGURA IV.1-c. Dibujo de Mies van der rohe

13.

CAMPO BAEZA, Alberto. *La idea construida*. Librería Técnica CP67, Univ. de Palermo, Argentina, 2000. 1ª edición, Madrid, 1996

Esta estructura, que Mies ensaya tanto en la Casa Tugendhat como en el Pabellón de Barcelona, se convertirá en una herramienta básica para sus viviendas de la década de 1930. Es lo que podemos denominar Estructura tipo mesa.<sup>13</sup> Por un lado, el techo, el forjado horizontal, y por otro lado las columnas sirviendo de apoyo. Aunque la mesa de Mies será una mesa de columnas retranqueadas.

La casa Emil Nolde (figura IV.1-75), la Casa Modelo en la Exposición de la Construcción de Berlín de 1931 (figura IV.1-76), y la casa Gericke (figura IV.1-77), se diseñan siguiendo el modelo de estructura tipo mesa. Las únicas diferencias significativas son que en la Casa Nolde la retícula estructural es cuadrada en vez de rectangular; en la Casa Modelo las columnas son cilíndricas en vez de cruciformes; y en la casa Gericke, las columnas que dan al patio llegan casi al borde del forjado.

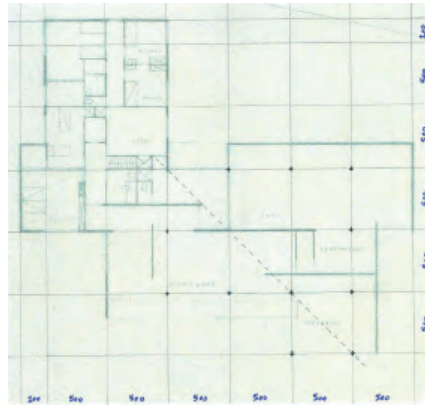


FIGURA IV.1-75. Planta de la casa Nolde, Berlín, 1929. Ejes y acotación del autor sobre planimetría de MvdR.

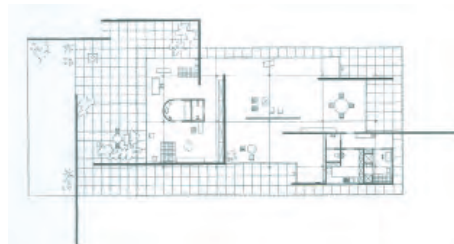


FIGURA IV.1-76. Izquierda, Planta de la casa Modelo, Exposición de la construcción, Berlín, 1931. Ejes del autor sobre planimetría de MvdR. Derecha, vista exterior con las columnas cilíndricas blancas, y vista de la zona de estar con las columnas cilíndricas de acero cromado..

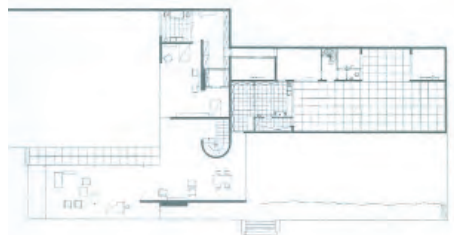
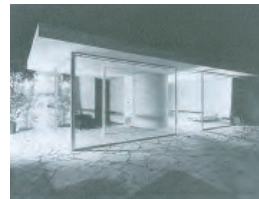


FIGURA IV.1-77. Planta de la casa Gericke, Berlín, 1932. Fuente: *Mies van der Rohe. Casas*. Revista 2G número 48/49, agosto 2009

Y la estructura tipo mesa será también la estructura básica de la serie de casas con patio que Mies proyecta entre 1931 y 1938. En principio, la tipología de casa patio surge como solución para casa en parcelario urbano, con capacidad de agrupación, aunque Mies terminará por diseñar casas patio en zonas suburbanas e incluso rurales.

La idea de estas casas es muy sencilla. Se trata primero de cercar un espacio, y sobre ese espacio cerrado se establecen zonas abiertas y zonas cubiertas. Las zonas cubiertas se ordenan con una estructura ortogonal, reticular, de pilares cruciformes, a los que se yuxtaponen unas pantallas flotantes que delimitan los espacios de la vivienda. La idea de planta libre y la independencia de los elementos que configuran el espacio sigue siendo predominante. La imagen exterior de las casas es un muro de ladrillo, y la retícula estructural queda vista en el mundo interior de la vivienda. Es lo que ocurre por ejemplo en el proyecto de Casas patio en hilera, Casa con tres patios (figura IV.1-78, sobre la cual hay un riguroso trabajo de investigación de Jose Jaráiz en colaboración con la Sociedad Tessenow), y Casa con patio y garage (figura IV.1-79). Por otro lado están la Casa para el arquitecto en la montaña (figura IV.1-80), la casa Hubbe (figura IV.1-81) y la casa Ulrich Lange (figura IV.1-82), una serie de casas patio suburbanas en las que el recinto perimetral está más perforado, y por tanto, parte de la retícula estructural interior asoma al exterior.

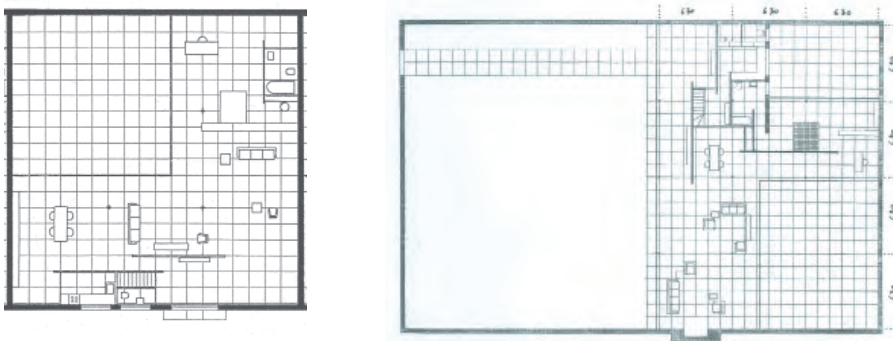


FIGURA IV.1-78, izquierda Casa patio en hilera, 1931. Dcha, Casa con tres patios, 1934. Fuente: DREXLER, Arthur. *Ludwig Mies van der Rohe*. George Braziller, Inc, Nueva York, 1960



FIGURA IV.1-78' Casa con tres patios, 1934. Renders de José Jaráiz



FIGURA IV.1-79, izquierda  
 Casa con patio y garage, 1934.  
 Fuente: BLASER, Werner. *Mies van der Rohe*. Zanichelli, Serie di Architettura, Bologna, 1977

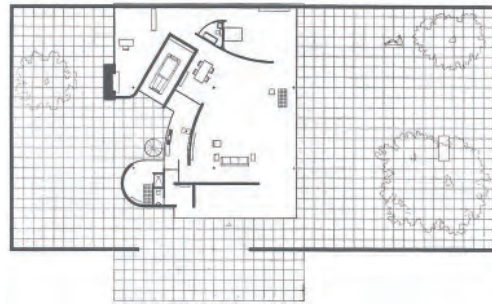


FIGURA IV.1-80, derecha  
 Casa para el arquitecto en la montaña, Tirol, 1934. Fuente: *Mies van der Rohe. Casas*. Revista 2G número 48/49, agosto 2009

FIGURA IV.1-81, izquierda  
 Casa Hubbe, Magdeburgo, 1935. Fuente: DREXLER, Arthur. *Ludwig Mies van der Rohe*. George Braziller, Inc, Nueva York, 1960

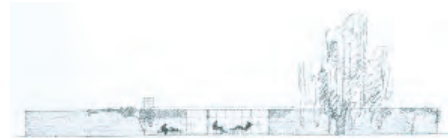
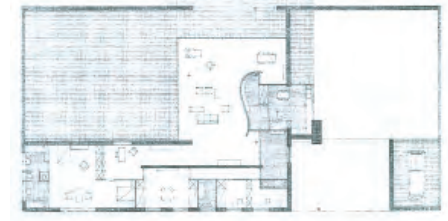
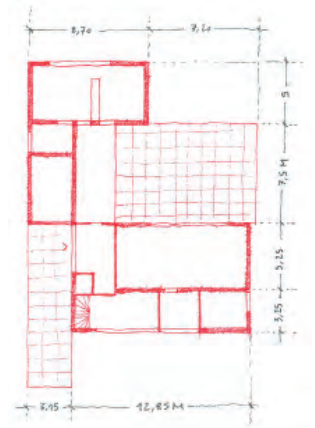


FIGURA IV.1-82, derecha  
 Casa Ulrich Lange, Krefeld, 1935. Fuente: JOHNSON, Philip. *Mies van der Rohe*. The Museum of Modern Art, New York, 1978. Primera edición, 1947



14.  
 Lamentablemente, Mies no pudo construir ninguna de sus propuestas de casa-patio. El esquema más parecido que puso en pie fue la Casa Lemke, en Berlín, 1933. Una casa patio con estructura de muro de carga de ladrillo a la vista y subestructura de acero oculta para la formación de los dinteles. Nada queda en esta casa de la retícula de columnas cruciformes de acero (figuras IV.1-d y IV.1-e. Casa Lemke, Berlín, 1933. Dibujo y fotografía del autor).



En esencia el esquema de la casa patio no difiere del esquema de la casa Tugendhat, pero a la inversa. En vez de una casa abierta, es una casa cerrada sobre sí misma. La esquina de vidrio de la casa Tugendhat es el rincón de vidrio de la casa patio. La idea de mesa, aún encerrada en los límites del cerramiento perimetral, se sigue manteniendo.

Pero a diferencia de las casas que Mies venía diseñando desde principios de la década de 1910, con sus plantas asimétricas y descompuestas, la forma final de las casas patio es un cuadrado o un rectángulo. Desde la Casa Mosler que Mies diseñara en 1924, no había vuelto a una estructura que quedara confinada en una forma regular y simétrica.<sup>14</sup>

Mies está volviendo a la forma compacta. Pero una forma compacta con estructura moderna. En paralelo a la tipología de casa patio, a mediados de la década de 1930 plantea una nueva tipología. La casa con estructura de acero estantería.

#### IV.1.3b. ESTANTERÍA DE ACERO CON COLUMNAS RETRANQUEADAS

Esta tipología es una evolución de la estructura tipo mesa a la que se ha añadido un segundo forjado. La casa de vidrio en una colina, 1934 (figura IV.1-83), la casa en una terraza, 1934 (figura IV.1-84), y la casa Resor en Jackson Hole, 1937-1938 (figura IV.1-85) son los primeros ejemplos. El suelo de estas casas se eleva, para liberar a la casa del terreno, o del cauce de un arroyo. Y la planta de estas casas es un rectángulo, una forma compacta. Las columnas son cilíndricas o cruciformes, y se retranquean del borde del forjado.

Mies no puso en pie ninguna de estas tres casas. Pero estos proyectos le sirvieron de ensayo para dar un paso más, hacia la estantería de acero con columnas adelantadas. Y con este esquema, diseñó y construyó una de las viviendas icónicas del siglo XX, la casa Farnsworth, que veremos en el siguiente apartado.

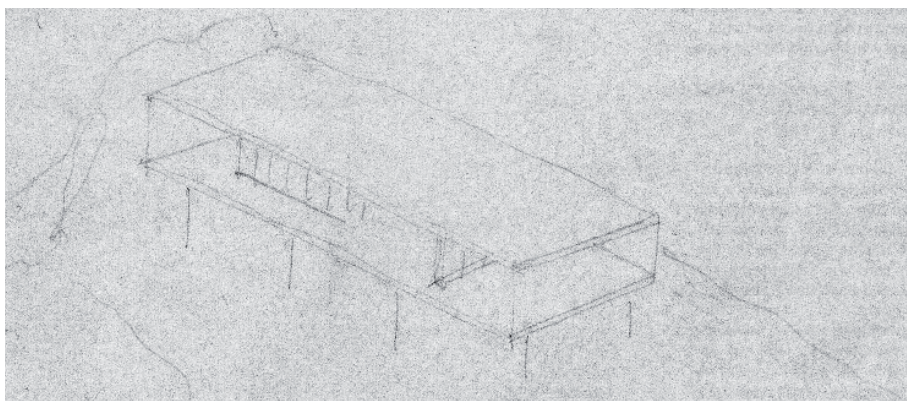


FIGURA IV.1-83  
Casa de vidrio en una colina,  
1934. Fuente: *Mies van der  
Rohe. Casas*. Revista 2G nú-  
mero 48/49, agosto 2009

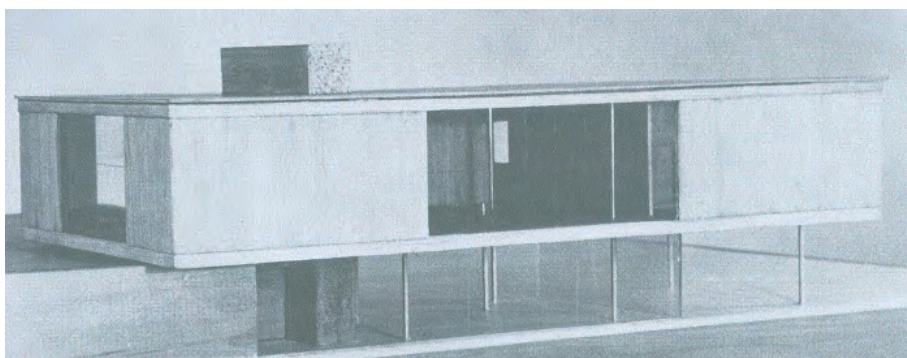


FIGURA IV.1-84  
Casa en una terraza, 1934.  
Fuente: DREXLER, A. *Ludwig  
Mies van der Rohe*. George  
Braziller, Inc, Nueva York, 1960

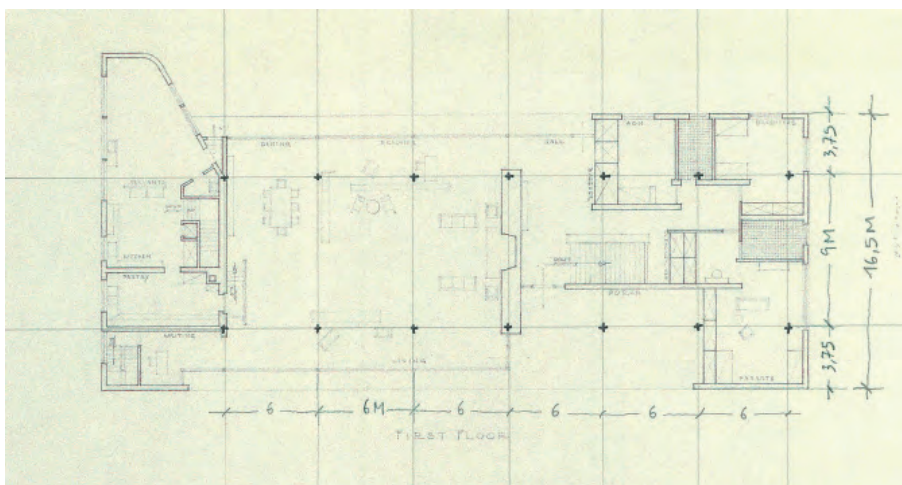
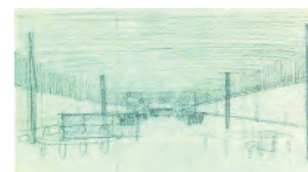


FIGURA IV.1-85  
Casa Resor, Jackson Hole,  
1937-1938. A la izquierda,  
planta interpretada por el au-  
tor sobre planimetría de MvdR.  
Debajo, vista del interior con  
las columnas cruciformes re-  
tranqueadas. Fuente: *Mies van  
der Rohe. Casas*. Revista 2G  
número 48/49, agosto 2009



### IV.1.3c. MESA/ESTANTERÍA CON COLUMNAS ADELANTADAS Y ESPACIO DIÁFANO

En 1938, apremiado por la difícil situación política en Alemania, y aprovechando una de las muchas propuestas que había recibido, Mies se traslada a vivir a Chicago, para hacerse cargo de la Escuela de Arquitectura. Y coincidiendo con su llegada a América, la columna da un paso adelante. En la casa Cantor, Indianapolis, 1946-1947 (figura IV.1-86), Mies coloca las columnas por delante del forjado. Será la primera vez, aunque de momento sólo se adelantan las columnas en los alzados laterales. En el alzado principal, las columnas siguen estando retranqueadas. Y en la Casa Caine, Winnetka, 1950 (figura IV.1-87), también vuelve a colocar las columnas por delante del forjado.

FIGURA IV.1-86

Casa Cantor, Indianapolis, 1946-1947. Arriba, planta interpretada por el autor sobre planimetría de Mies. Debajo, alzado de la casa que muestra el espacio de vivienda entre dos forjados. Fuente: *Mies van der Rohe. Casas*. Revista 2G número 48/49, agosto 2009

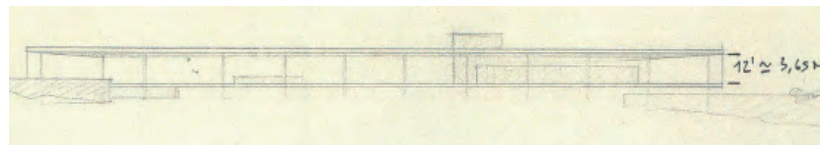
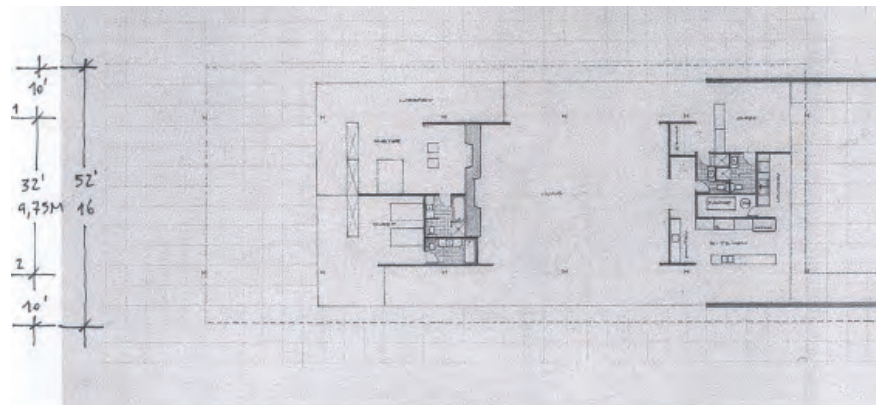
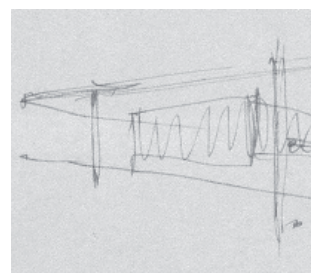
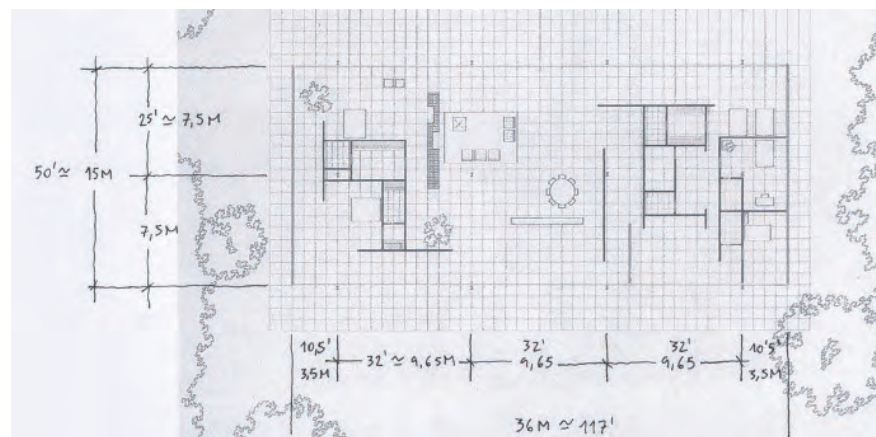


FIGURA IV.1-87

Casa Caine, Winnetka, 1950. Arriba, planta interpretada por el autor sobre planimetría de Mies. Debajo, dibujo de Mies con las columnas por delante del forjado. Fuente: *Mies van der Rohe. Casas*. Revista 2G número 48/49, agosto 2009



Pero vayamos a la Casa Farnsworth (figura IV.1-88), la única de estas tres propuestas que realmente se puso en pie.

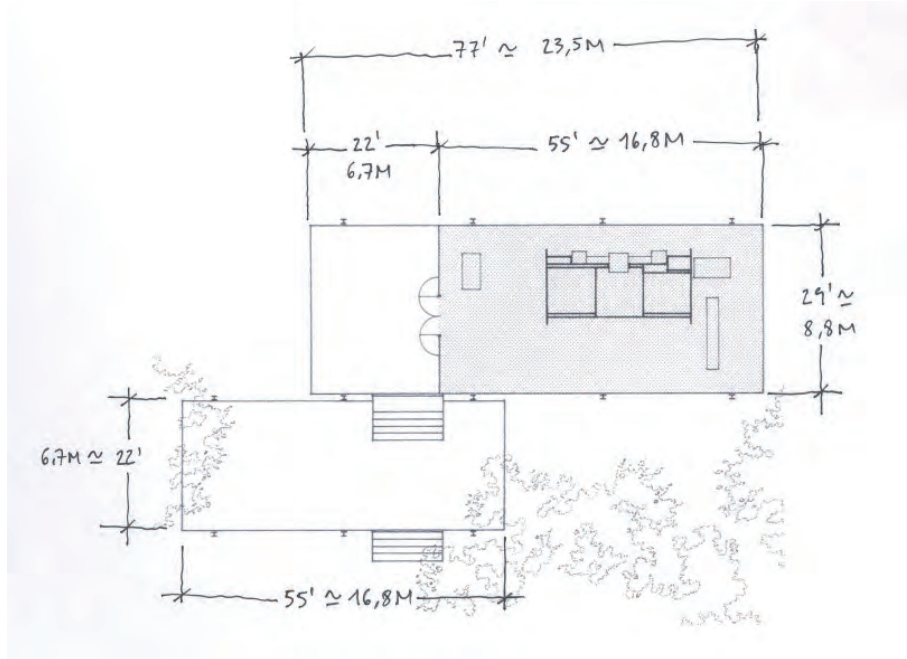


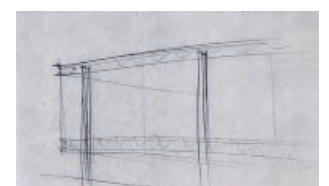
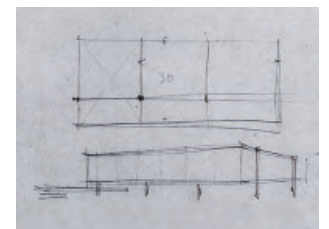
FIGURA IV.1-88  
Casa Farnsworth, Plano, Illinois, 1946-1951. Planta. Cotas del autor. Fuente: CARTER, Peter. *Mies van der Rohe trabajando*. Phaidon Press Lt, Londres, 2006. Traducción: Gemma Deza Guil. Primera edición, 1974

Situada en Plano, Illinois, junto al curso del río Fox, Mies construye esta casa como un único espacio diáfano liberado de columnas situado entre dos planos horizontales. Ha regresado a la caja, pero no se trata ya de una caja clásica, sino una caja moderna, de acero y cristal, visualmente en continuidad con el paisaje. Un espacio libre, como el de la Casa Tugendhat, pero sin columnas interiores, un espacio diáfano, y un volumen rotundo, al contrario del de la Casa Tugendhat, con las columnas por fuera,<sup>15</sup> y claramente definido por el vidrio. La casa, elevada por 8 columnas situadas por delante de los forjados, tiene dos recintos bajo cubierta, uno acristalado, y otro sin acristalar. Según nos cuenta Jean Louis Cohen,<sup>16</sup> hubo dos versiones, una casa apoyada sobre el terreno, y la finalmente elegida, elevada, no sólo para disponer de mejores vistas, sino también para evitar las crecidas del río.

15.  
Tegethoff relaciona estas columnas exteriores con los soportes de madera del porche de la casa Chamberlain, 1939, de Walter Gropius y Marcel Breuer (figuras IV.1-f y g), que también van por fuera. Fuente: TEGETHOFF, Wolf. *Mies van der Rohe. The Villas and Country Houses*. MIT Press, Cambridge, 1985.  
Volviendo a la Farnsworth, encontramos algunos dibujos previos en los que las columnas se retranquean (figura IV.1-h), aunque en la solución final las columnas dan un paso al frente y se colocan por delante del forjado (figura IV.1-i).



Figuras IV.1- f y g.  
Imagen y planta de la Casa Chamberlain



Figuras IV.1-h y IV.1-i. Dibujos de MvdR.

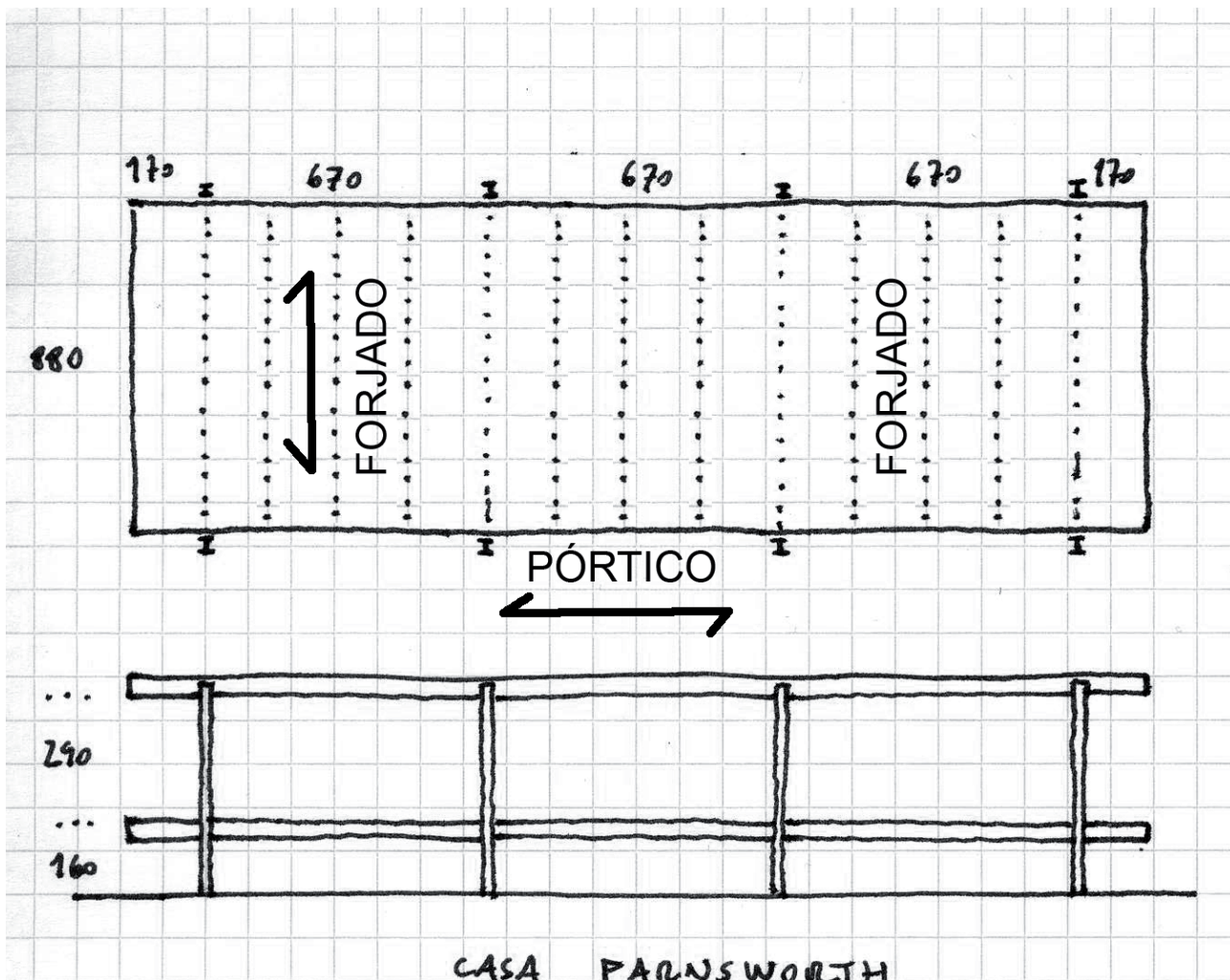
16.

COHEN, Jean Louis. *Mies van der Rohe*. Akal Arquitectura, Madrid, 1998. Traducción. Juan Calatrava Escobar.

El interior de la vivienda se organiza en torno a un núcleo de cocina, baño e instalaciones, ligeramente descentrado, dejando la zona de cocina, más estrecha, y la zona de estar, más generosa. A la vivienda se accede a través de otro plano horizontal sin cubrir, también elevado del suelo. Es la casa completamente acristalada que tanto tiempo llevaba Mies persiguiendo. Y aquí el entorno, la situación de la casa, y la clienta, le permiten llevar a la práctica con toda la radicalidad esta idea. Seguramente si la industria se lo hubiera permitido, y hubiera encontrado vidrios suficientemente grandes, también habría renunciado a las carpinterías que parten los huecos de la estructura. La sensación de transparencia en la casa es prácticamente total. La relación con el paisaje, absoluta.

Básicamente, la estructura de la Casa Farnsworth consiste en 8 columnas en H de 20x20 cm que sostienen dos forjados horizontales, el suelo, situado a 160 cm sobre el nivel del terreno y la cubierta, a 2,9 metros del suelo. Las columnas se disponen en dos pórticos paralelos, separados 8,8 metros. Y cada pórtico está compuesto por cuatro columnas, separadas 6,7 metros, y con dos voladizos en los extremos de 1,7 metros (figuras IV.1-89 y IV.1-90).

FIGURA IV.1-89  
Estructura de la casa Farnsworth.  
Dibujo del autor.



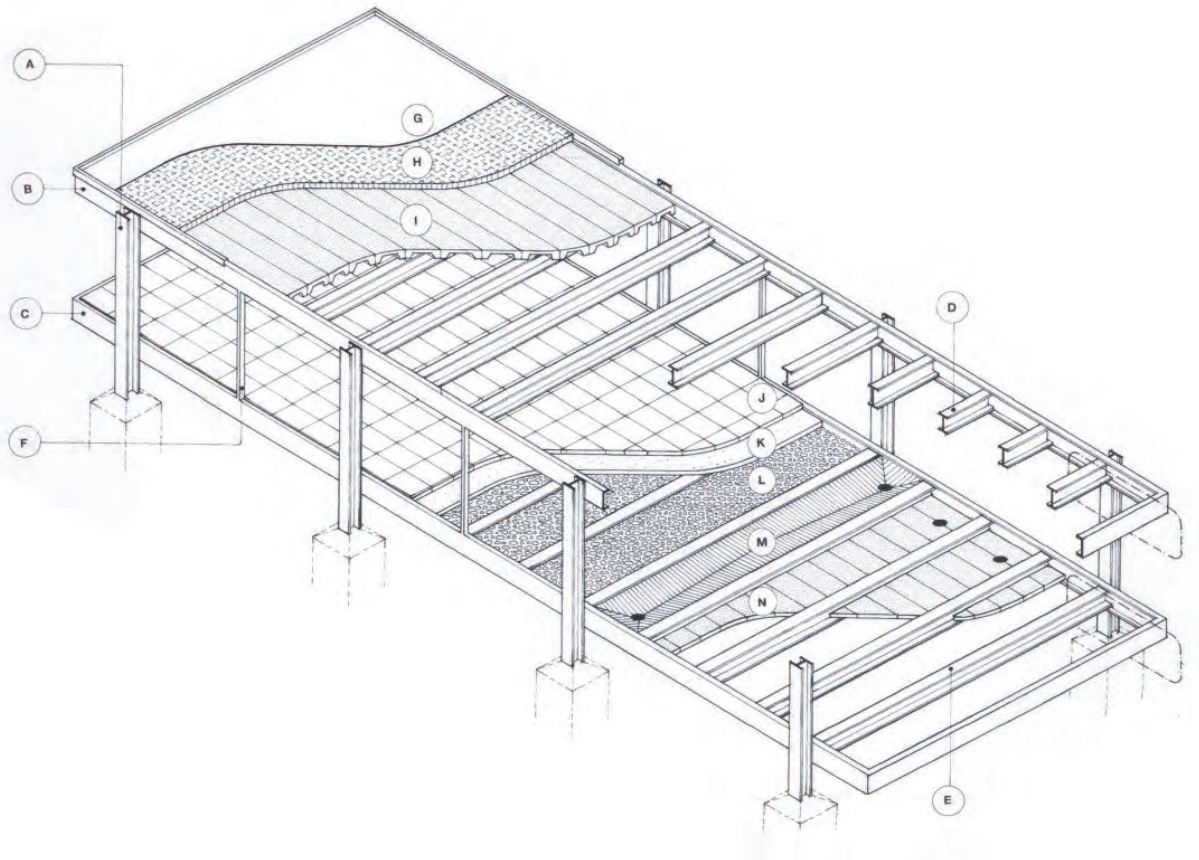


FIGURA IV.1-90  
Estructura de la casa Farnsworth.  
Fuente: VANDENBERG, Maritz.  
*Farnsworth House. Architecture  
in detail.* Phaidon, Nueva York,  
2003

Las vigas principales se disponen en la dirección longitudinal de la casa, con una luz de 6,7 metros, y el forjado en la dirección transversal, con una luz de 8,8 metros. Desde luego no es nada habitual que el forjado tenga mayor luz que el pórtico. Las vigas principales tienen sección en U, 432 mm de canto (figura IV.1-91), y están soldadas tangencialmente al ala interior de las columnas y las vigas del forjado son perfiles en H de 305 mm de canto dispuestas cada 1,675 metros (figura IV.1-92).

FIGURA IV.1-91

Estructura de la casa Farnsworth.  
 Viga de borde y viga de forjado.  
 Interpretación del autor sobre dibujo de John Hewitt.  
 Fuente: VANDENBERG, Maritz. *Farnsworth House. Architecture in detail*. Phaidon, Nueva York, 2003

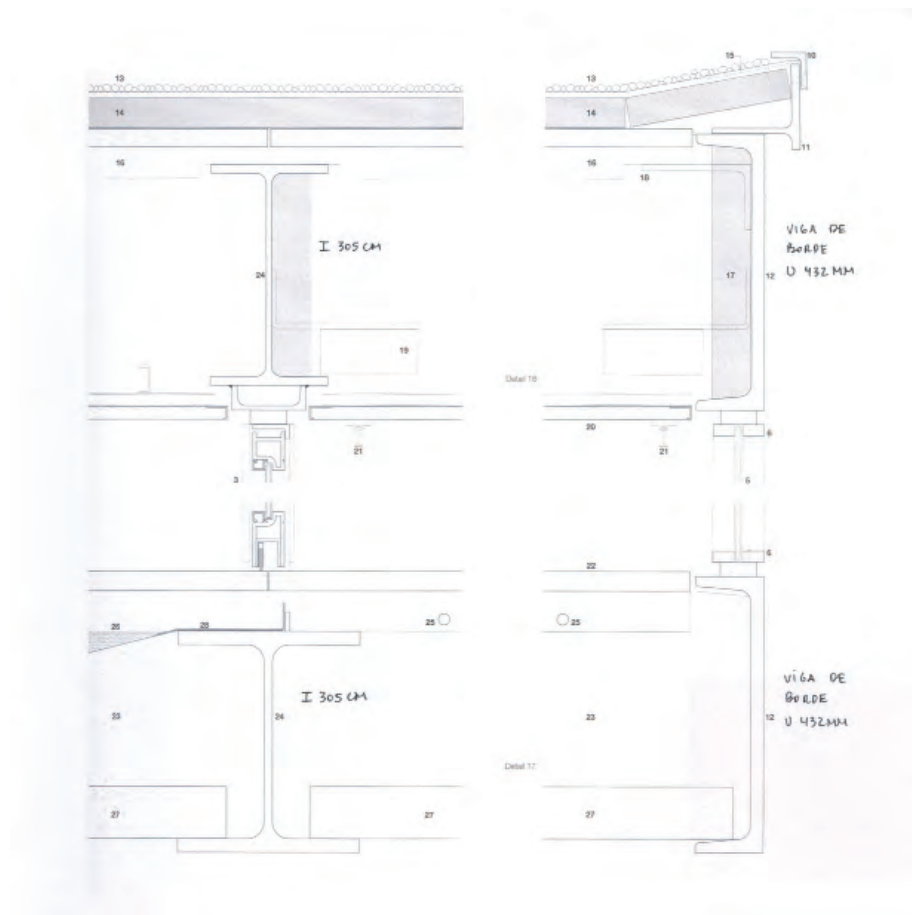
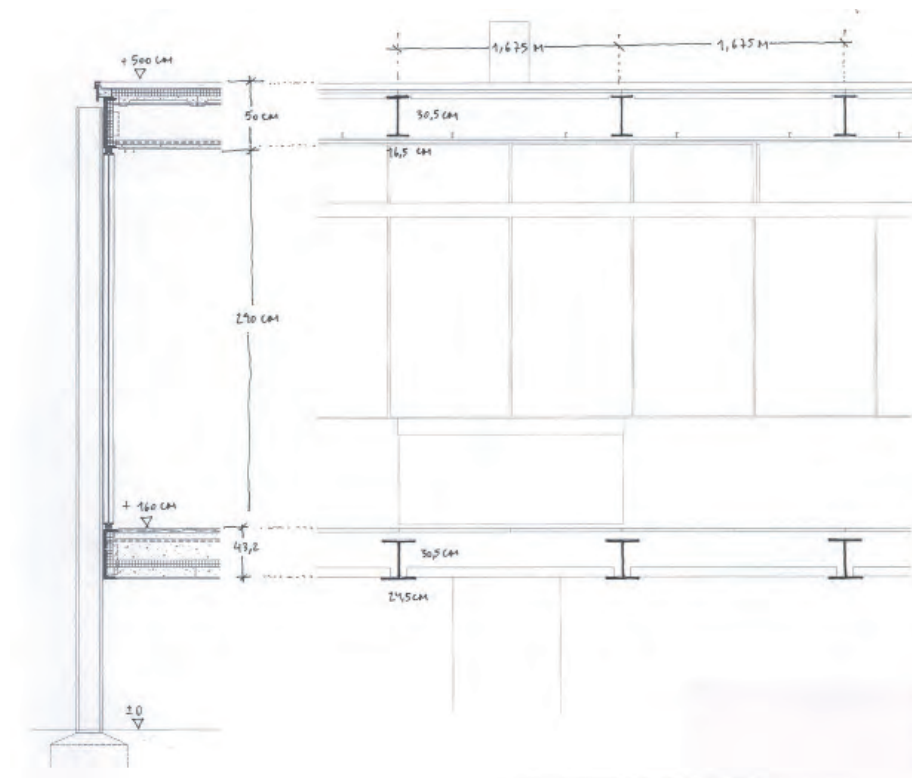


FIGURA IV.1-92

Estructura de la casa Farnsworth.  
 A la izquierda, sección transversal por el pórtico de borde. A la derecha, sección longitudinal por las vigas de forjado. Interpretación del autor sobre dibujo de John Hewitt. Fuente: VANDENBERG, Maritz. *Farnsworth House. Architecture in detail*. Phaidon, Nueva York, 2003



Curiosamente, Mies dispone las columnas en la dirección contraria a lo que cabría suponer. Las almas de las columnas se disponen en la dirección de las vigas del forjado, y no en la dirección de las vigas del pórtico (figura IV.1-93). Cuando analizamos las solicitaciones del forjado, vemos que las vigas en U del pórtico transmiten sobre los pilares mayores solicitaciones que la viga del forjado que acomete directamente en el pilar. Frente a los 3,39 mT de la viga del forjado, la viga del pórtico llega a transmitir hasta 6,47 mT (nos estamos refiriendo a las solicitaciones del forjado de cubierta) (figura IV.1-94).

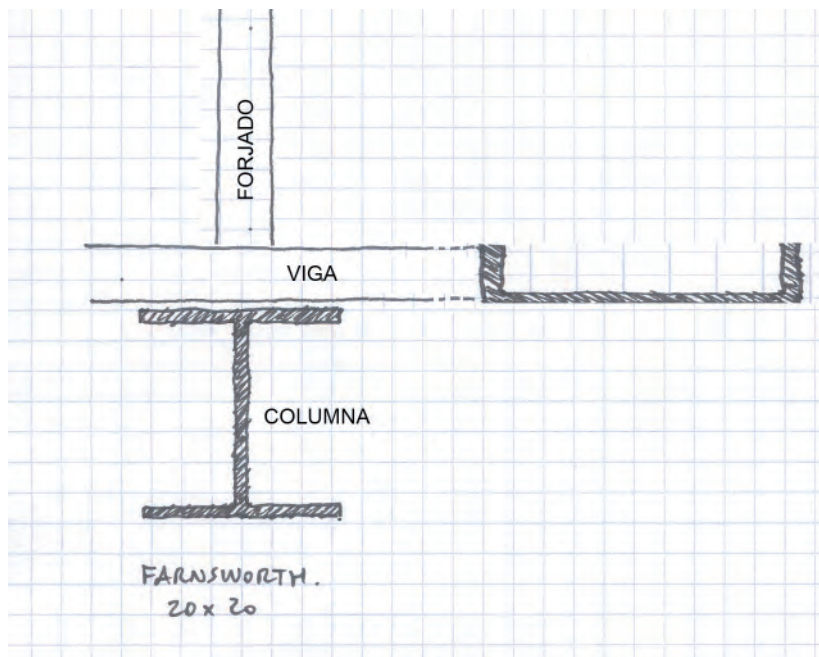
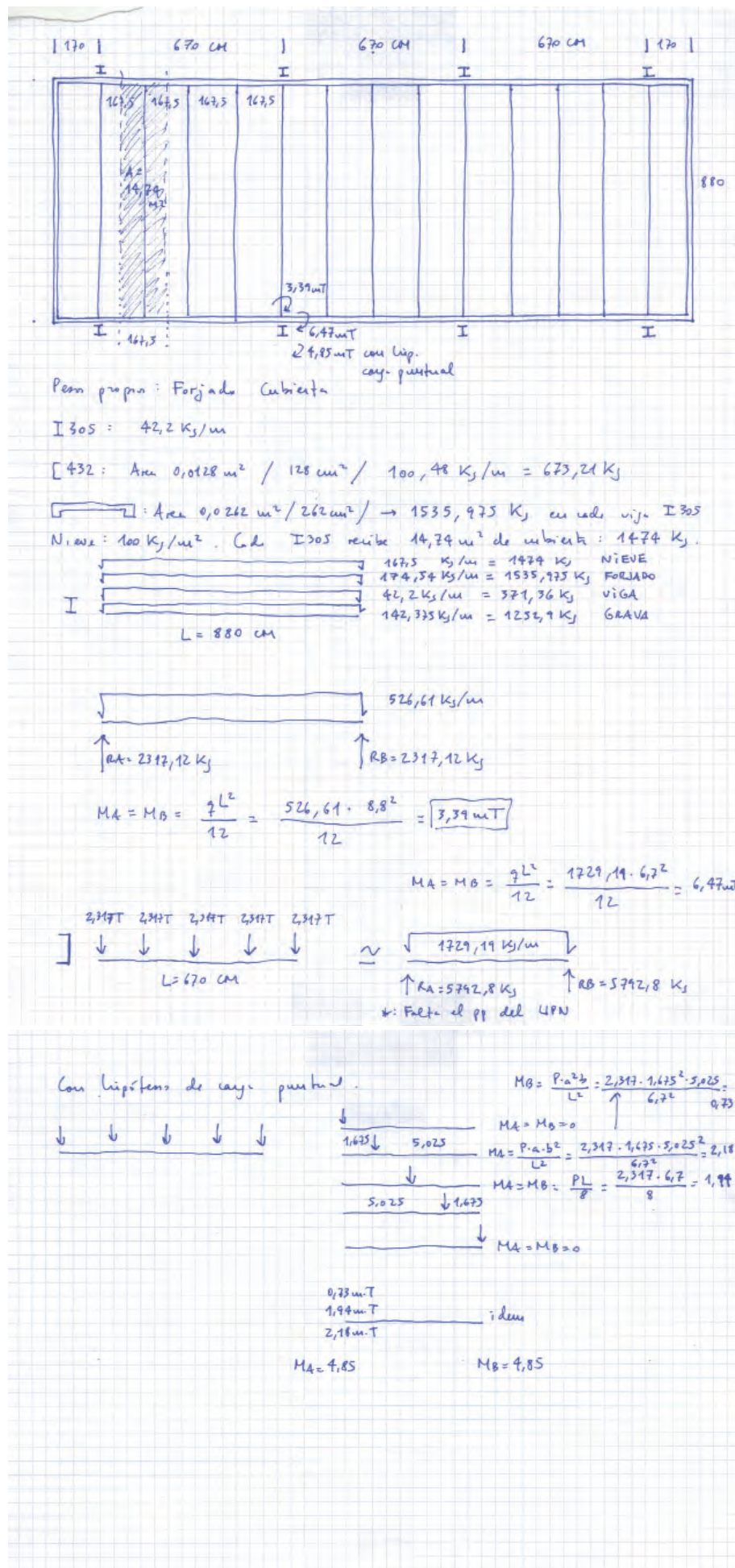


FIGURA IV.1-93

Estructura de la casa Farnsworth. La posición de la columna con respecto a la viga no está aprovechando toda la inercia del HEB200. La inercia del perfil en la dirección del alma es 5696 cm<sup>4</sup> y en la dirección de las alas 2003 cm<sup>4</sup> (según NBE EA 95). Lo lógico desde el punto de vista mecánico sería colocar el alma de la columna en la dirección de la viga más solicitada, y sin embargo aquí Mies hace lo contrario. Coloca las alas en la dirección de la viga más solicitada. Dibujo del autor.

FIGURA IV.1-94

Solicitaciones del forjado de cubierta de la Casa Farnsworth. Dibujo del autor. Se ha aislado una de las vigas de forjado, y se han considerado pesos propios del forjado, viga, cubierta y sobrecarga de nieve, sin mayor. Con la consideración de viga biempotrada, tenemos un momento negativo en sus extremos de 3,39 mT. Si aislamos la viga de borde (viga de pórtico) el momento negativo es de 6,47 mT (con la consideración de carga continua). Es decir, que la viga de forjado produce un momento en la cabeza de la columna de 3,39 mT, y la viga de pórtico de 6,47 mT.



Lo más lógico hubiera sido, o bien un cambio en la disposición del forjado, o bien un giro de las columnas, con el alma paralela al pórtico, y las alas perpendiculares a la fachada. Es decir, dejando a la vista la parte hueca del perfil, y no el ala como realmente ocurre. Así Mies habría aprovechado la mayor inercia del perfil en la dirección en la que la columna está más solicitada, y no como realmente hizo, en la que no está aprovechando toda la capacidad resistente del perfil.

Otra conclusión que extraemos al analizar el funcionamiento de los forjados, es que el forjado de cubierta está con diferencia menos solicitado que el forjado de planta baja (figura IV.1-95).

Las vigas del forjado de cubierta soportan alrededor de 4,5 toneladas, frente a las 13 toneladas que soportan las vigas del forjado de planta baja. Las vigas de los pórticos de cubierta soportan alrededor de 10 toneladas, frente a las 27 toneladas que soportan las vigas de los pórticos de planta baja.

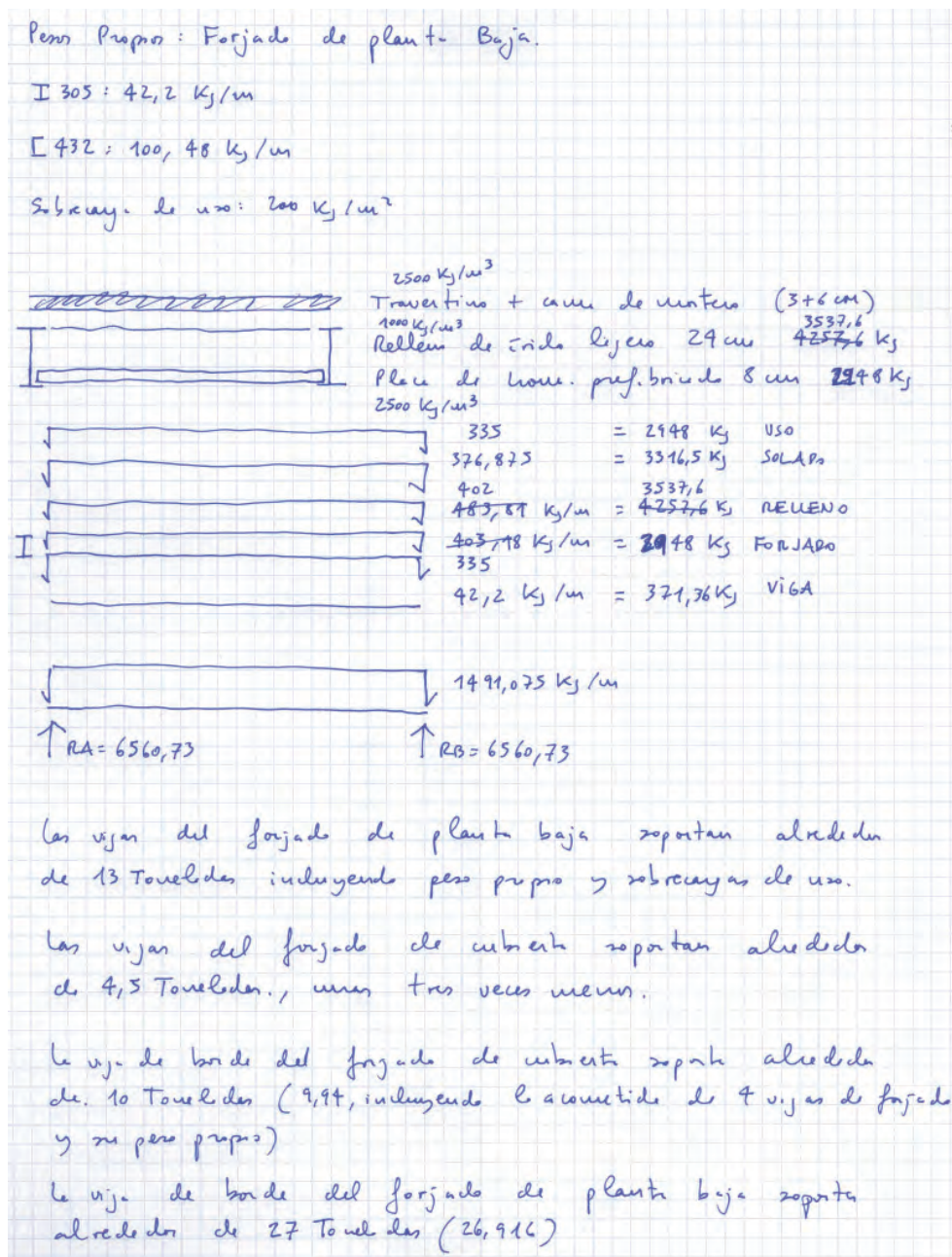


FIGURA IV.1-95 Solicitaciones del forjado de planta baja de la Casa Farnsworth. Dibujo del autor. En planta baja hemos considerado pesos propios de solado, forjado, estructura, y sobrecarga de uso de 200 kg/m<sup>2</sup>. En comparación con el forjado de cubierta, el forjado de planta baja estaría más solicitado. Para la composición de las capas de forjado hemos tomado en consideración los detalles constructivos de John Hewitt. Fuente: Fuente: VANDENBERG, Maritz. *Farnsworth House. Architecture in detail*. Phaidon, Nueva York, 2003. Nuestra conclusión es que las vigas del forjado de planta baja soportan una carga aproximada de 13 toneladas, frente a las 4,5 toneladas que soportan las vigas de cubierta. Y las vigas de borde en forjado de planta baja soportan una carga aproximada de 27 toneladas, frente a las 10 toneladas de las vigas de borde del forjado de cubierta.

Cálculo de la viga de borde. Planta Baja.



Momento de cálculo. Mayoramos las cargas x 1,5

$$\frac{PL}{8} + \frac{P_a \cdot b^2}{L^2} + \frac{P_a \cdot b^2}{L^2} = \frac{6,565 \cdot 1,5 \cdot 6,7}{8} + \frac{6,565 \cdot 1,5 \cdot 1,675^2 \cdot 5,025}{6,7^2} + \frac{6,565 \cdot 1,5 \cdot 1,675 \cdot 5,025^2}{6,7^2} =$$

$$\approx 8,24 + 3,093 + 9,28 = 20,63 \text{ mT}$$

$$W = \frac{20,63 \cdot 10^5}{2600 \text{ (A42)}} = 792,8 \text{ cm}^3$$

Con un UPN 380  $W = 829 \text{ cm}^3$  se cumpliría.

UPN 400  $W = 1020 \text{ cm}^3$

Comprobación de flecha. Supuesto de carga uniforme y sin mayores acciones.

$$f = \frac{qL^4}{384EI}$$

$$f = \frac{L}{500} = \frac{qL^4}{384E \cdot I}$$

$$I = \frac{qL^4}{384E \frac{L}{500}} = \frac{4,02 \cdot 6,7^3 \cdot 500}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 6,7} \quad [ \times 10^7 ] = 7871 \text{ cm}^4$$

UPN 380  $I = 15760 \text{ cm}^4$

UPN 400  $I = 20350 \text{ cm}^4$

FIGURA IV.1-95, continuación.

Solicitaciones del forjado de cubierta y del forjado de planta baja de la Casa Farnsworth. Dibujo del autor. En este apartado calculamos la viga de borde del forjado de planta baja, mayorando las acciones por 1,5 y considerando un acero A42. Consideramos una viga biempotrada con cargas puntuales. Cada viga de borde recibe cinco vigas de forjado, pero las dos vigas de los extremos cargan directamente sobre la columna, por lo que no las hemos considerado para el cálculo de los momentos. El momento mayorado de cálculo es 20,63 mT, de manera que con esta hipótesis de cálculo, nos saldría un módulo resistente  $W=792,8 \text{ cm}^3$ . Un UPN-380 serviría para cumplir esta condición. En la realidad, se colocó un UPN-430. También hemos hecho la comprobación de flecha, que nos sirve para confirmar que un UPN-380 cumpliría.

Es decir, la mayorización del perfil UPN de planta baja está dentro de un orden.

Pero ¿qué ocurre cuando nos vamos al perfil de borde del forjado de cubierta.

$$M = \frac{PL}{8} + \frac{Pa^2b}{L^2} + \frac{Pab^2}{L^2} = \frac{2,317 \cdot 1,5 \cdot 6,7}{8} + \frac{2,317 \cdot 1,5 \cdot 1,675^2 \cdot 5,025}{6,7^2} + \frac{2,317 \cdot 1,5 \cdot 1,675 \cdot 5,025^2}{6,7^2} = 2,91 + 1,092 + 3,28 = 7,282 \text{ mT}$$

$$W = \frac{7,282 \text{ mT} \cdot 10^5}{2600} = 280 \text{ cm}^3$$

$$\text{UPN 240} = 300 \text{ cm}^3$$

$$\text{UPN 300} = 535 \text{ cm}^3$$

Comprobación de flecha.

$$I = \frac{7L^4 \times 10^7}{384 E \frac{L}{400}} = \frac{1,49 \cdot 6,7^4 \cdot 400 \times 10^7}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 6,7} = 2334 \text{ cm}^4$$

$$\text{UPN 240: } 3600 \text{ cm}^4$$

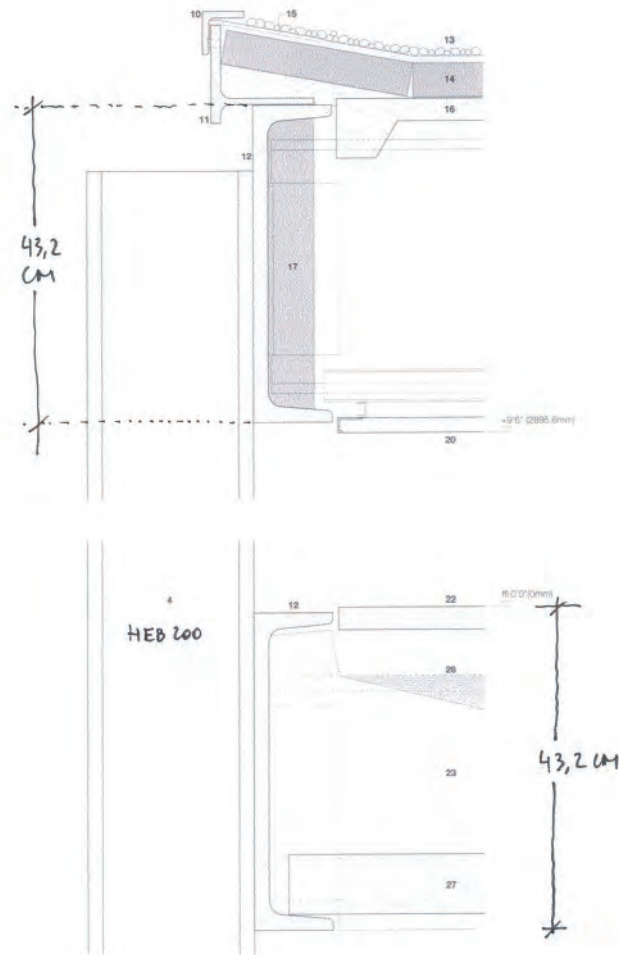
$$\text{UPN 300: } 8030 \text{ cm}^4$$

FIGURA IV.1-95, continuación.

Solicitaciones del forjado de cubierta y del forjado de planta baja de la Casa Farnsworth. Dibujo del autor. Al calcular la viga de borde en el forjado de cubierta, comprobamos que un UPN-240 habría sido suficiente para resistir nuestra hipótesis de cargas, frente al UPN-430 que en realidad se colocó.

Y sin embargo, Mies decide igualar visualmente los dos forjados (figura IV.1-96). Las vigas en U situadas en los bordes de los dos forjados, el de cubierta y el de planta baja, son de 432 mm de canto. La igualdad de los planos prima sobre la realidad estructural, a pesar de que un UPN 300 podría haber sido suficiente para soportar las solicitaciones en el forjado de cubierta.

FIGURA IV.1-96  
Igualdad de canto en los dos forjados de la Casa Farnsworth.  
Interpretación del autor sobre dibujo de John Hewitt.  
Fuente: VANDENBERG, Maritz.  
*Farnsworth House. Architecture in detail.* Phaidon, Nueva York, 2003



Y si estudiamos la capacidad resistente de las columnas, vemos que el axil último de agotamiento para un HEB 200 está en el orden de las 185 toneladas, muy superior a las 37 toneladas a las que realmente está sometida la columna (en condiciones de máxima ocupación y nieve, aunque sin mayorar las acciones) (figura IV.1-97).

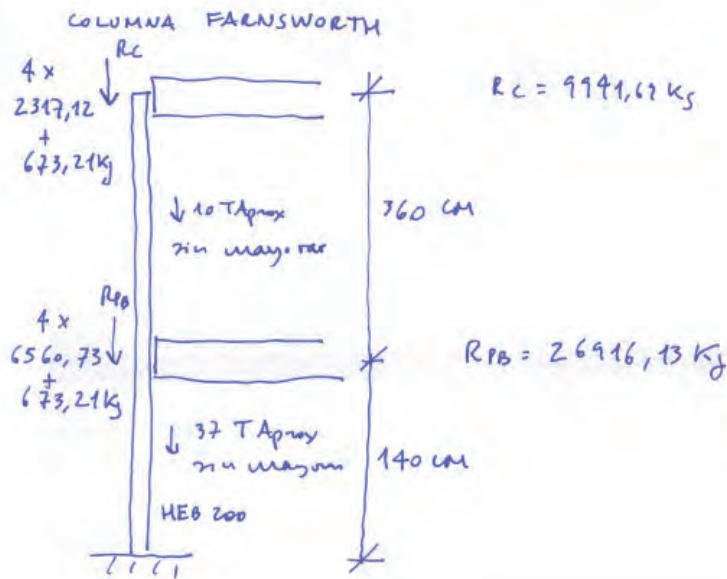


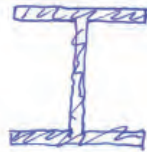
FIGURA IV.1-97  
 Comprobación del axil último de agotamiento para la columna de la casa Farnsworth. Dibujo del autor. La reacción del forjado de cubierta en cada columna es aproximadamente 10 toneladas. Y la del forjado de planta baja 27 toneladas. Considerando la diferente esbeltez en cada tramo de columna, podemos confirmar que en todo momento la capacidad resistente de la columna es muy superior a la sollicitación.

Axil de agotamiento:

$$N_u = \frac{\sigma_c \cdot A}{\omega} \left[ \times \frac{1}{1000} \right] \text{ Toneladas}$$

$$\sigma_c = 2600 \text{ (A42)}$$

$$A = 78,1 \text{ cm}^2$$



Esbeltez  $\lambda = \frac{\beta \cdot L}{i}$

$$\lambda^1 = \frac{1 \cdot 360}{\text{Dato } 5,07} = 71 \Rightarrow \omega = 1,35$$

$$\lambda^2 = \frac{1 \cdot 140}{5,07} = 27,61 \Rightarrow \omega = 1,1$$

luego  $N_u^1$  (Tramo PB-cubierta) =  $\frac{2600 \cdot 78,1}{1,35 \cdot 1000} = 150,41 \text{ Toneladas}$

$$N_u^2 = \frac{2600 \cdot 78,1}{1,1 \cdot 1000} = 184,6 \text{ Toneladas}$$



FIGURA IV.1-98  
Pórtico del Partenón. Fotografía del autor.

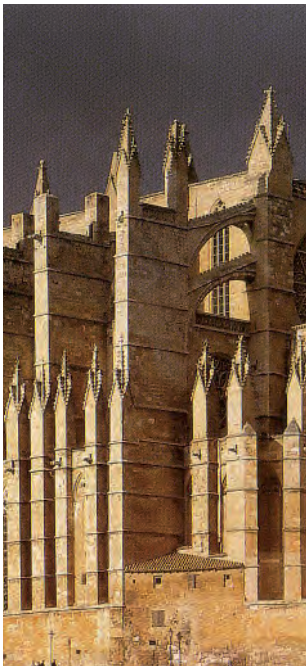


FIGURA IV.1-99  
Contrafuertes de la catedral de Mallorca. Fuente: TOMAN, Rolf. *El Gótico. Arquitectura, Escultura, Pintura*. Editorial Könemann, Barcelona, 2004. Título original, *Die Kunst der Gotik*. Traducción de José García Pelegrin.

Es decir, cuando Mies adelanta la estructura no está queriendo hacer una exhibición de expresionismo estructural. No se trata de revelar sin más la mecánica de la estructura. Ni se trata de llevar a los elementos estructurales al límite de su capacidad resistente. Se trata más bien de revelar la belleza de los perfiles estructurales, al servicio de la forma arquitectónica.

Regresemos por un momento a la primera casa de Mies, la Casa Riehl, con sus pilastras de ladrillo en relieve. Y recordemos cómo pasó a las casas de Krefeld, y luego a la Casa Tugendhat, hasta llegar hasta aquí. En este recorrido histórico hemos pasado del muro de ladrillo, al muro de ladrillo mezclado con la perfilería de acero. Y después hemos llegado al pórtico de acero retranqueado de la fachada. Hasta llegar por último a esta casa Farnsworth en la que las columnas se sitúan por delante de la fachada. Es un camino de la estructura, desde lo más oculto, hasta lo más exterior de la forma arquitectónica. En la casa Farnsworth las columnas quedan a la vista. Como el pórtico del Partenón (figura IV.1-98). Como los contrafuertes de la Catedral de Mallorca (figura IV.1-99).

Pero veamos el encuentro de la columna con la viga en la Farnsworth. La soldadura tangente. Cuando Mies adelanta las columnas, cuando las sitúa por delante de los forjados, está evitando la idea del sustentar, palabra cuyo origen latino viene de *sustinere*, “tener algo sobre sí”. La columna no tiene sobre sí la viga. No la sustenta. Al menos no visualmente (figuras IV.1-100, 101 y 102). Este contacto entre columna y viga es opuesto al contacto entre arquitrabe y columna del Partenón, en el que se va haciendo un relato de la transición de la carga. Y tampoco tiene nada que ver con la transición entre el arbotante y el contrafuerte gótico. La posición de la viga de piedra sobre la columna, el vuelo del ábaco, la transición del capitel al fuste, y el empuje de la bóveda sobre el contrafuerte se desvanecen aquí en la soldadura tangente entre la columna en H y la viga en U. Ni siquiera vemos la forma en U de la viga. La abstracción de este nudo es total. Ni hay apoyo, ni hay intersección. Sólo tangencia. Una unión casi inmaterial.

El resultado es que la columna no pierde su integridad sino que se alza continua en toda su altura. Sin uniones ni intersecciones que la ensucien. La columna se mantiene independiente en su forma.

Y por detrás de la columna, el forjado parece flotar. Esta solución alcanza su mayor efecto cuando estamos en la casa, bajo la losa. Desde dentro, y no desde fuera, es cuando ese forjado parece flotar más. Cuando no se ve la soldadura. Cuando vemos la columna pasante sobre la que no apoya el forjado. Cuando los bordes del forjado están recortados contra el cielo y contra el bosque (figuras IV.1-103 y 104).

Aunque la situación de las columnas es contraria a la de las columnas de la casa Tugendhat, el efecto buscado es el mismo. La sensación de que el techo flote. Pero si en la Tugendhat el efecto de ingravidez era mayor cuando mirábamos la casa desde fuera (figuras IV.1-69 y 70), aquí el efecto de ingravidez es mayor cuando estamos dentro de la casa.

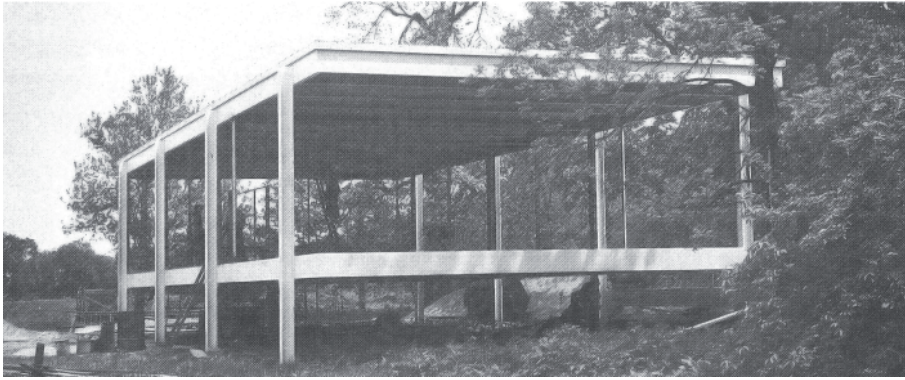


FIGURA IV.1-100  
Casa Farnsworth en construcción.



FIGURA IV.1-101, izquierda  
La columna por delante de la viga. La sombra ayuda a separar visualmente los dos elementos. Fotografía del autor.

FIGURA IV.1-102, centro  
Detalle de la soldadura tangente. Fotografía del autor.

FIGURA IV.1-103, derecha  
Desde el interior de la casa la separación entre viga y forjado es mayor. Los dos elementos estructurales se unen sin intersección y sin apoyo, con independencia visual. La sensación de que el forjado flota es absoluta. Fotografía del autor.

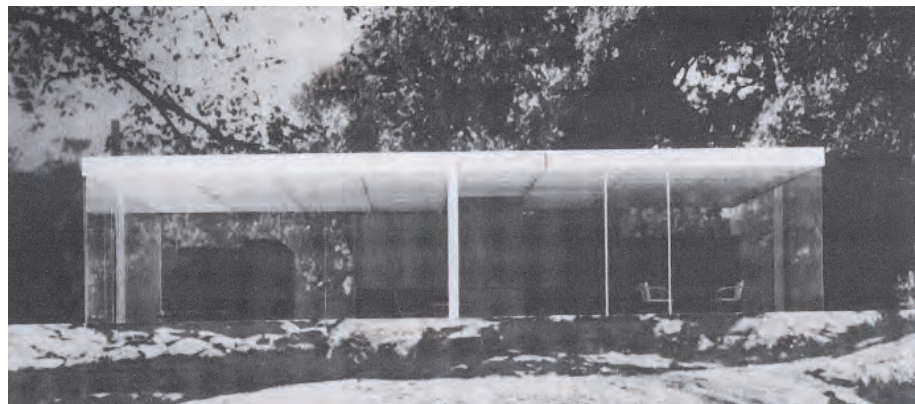


FIGURA IV.1-104  
El techo flotante de la Casa Farnsworth. Fotografía del autor.

Lo que vemos es la aceptación de Mies de que los elementos estructurales son algo más que sólo estructura. Son hermosos por sí mismos, y sus uniones también lo son. Y los criterios que el arquitecto alemán emplea para definirlos van más allá de la estricta mecánica estructural. A diferencia de la casa Tugendhat, ya no necesita Mies recubrir la estructura con la chapa de acero cromado. Ya no ve la necesidad de revestir sus columnas cruciformes. Aquella columna sin revestir que Mies empleó en la cocina de la Casa Tugendhat, aquella columna que entonces permaneció en un segundo plano, en la zona de servicio, ahora se presenta orgullosa. Y es que para Mies, la estructura por sí misma es hermosa. El perfil estructural es hermoso. Y no le parece tan necesario que ese perfil estructural responda con la mayor eficacia posible a la sollicitación de la estructura.

FIGURA IV.1-105

Casa 50'x50', 1951. Fuente: JOHNSON, Philip. *Mies van der Rohe*. New York, 1978.



A partir de la Farnsworth, Mies siempre colocará en sus casas las columnas por fuera. Es el caso, por ejemplo, de la casa 50x50 (figura IV.1-105), que lamentablemente, no llegó a construir.

#### IV.1.3d. JAULA DE ACERO Y ESPACIO DIÁFANO

Éste fue el último modelo de vivienda que Mies ensayó. Desde las *Steel frame prefabricated row houses* (figura IV.1-106) a las viviendas de Lafayette Park en Detroit (figura IV.1-107), pasando por la casa McCormick (figura IV.1-108), la Casa Morris Greenwald (figura IV.1-109) y la Casa Herbert Greenwald. Una jaula de acero transportable que se fabricaba en taller, y que deriva del sistema de cerramiento que Mies empleó en los Apartamentos de Lake Shore Drive. Las columnas con sección en I se sueldan a la losa de cubierta y a la losa de suelo sin llegar a tocar el terreno. Un sistema pensado para convertirse en un método de producción masiva de viviendas.

En las casas prefabricadas tipo jaula Mies da un paso más, y no sólo las columnas quedan a la vista, por delante de los forjados, sino también en el interior de las casas las vigas quedan a la vista. Pero si ya vimos en la Casa Farnsworth que la columna no aprovechaba toda su capacidad portante, todavía con más motivo podemos decirlo para estas casas prefabricadas, en las que las columnas de acero se disponen cada 1,7 metros, soportando una viga de 8,4 metros de luz. Por cada dos columnas una viga. Con esta disposición estructural las columnas están aún menos solicitadas que las de la casa Farnsworth. El requerimiento principal de estas jaulas estructurales era construir formas autoestables que pudieran ser transportadas. De hecho, la estructura de la casa McCormick se montó en un taller y fue trasladada con camiones especiales hasta la parcela, permitiendo que toda ella fuera instalada en sólo dos días.

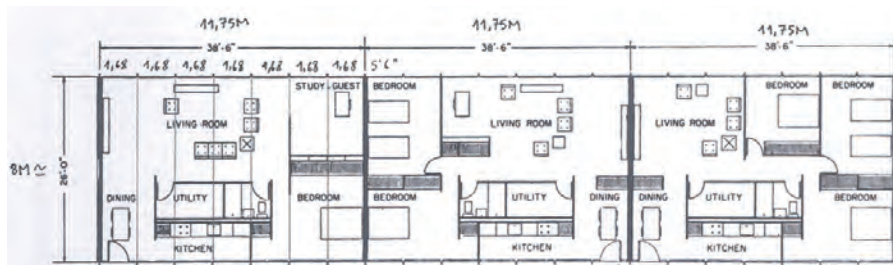


FIGURA IV.1-106  
Casa prefabricada en hileras, 1951. Fuente: JOHNSON, Philip. *Mies van der Rohe*. New York, 1978.

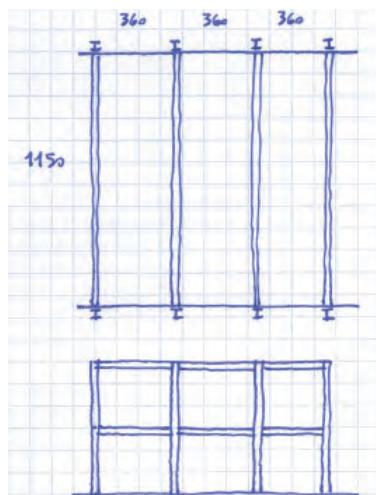


FIGURA IV.1-107  
Casas adosadas, Lafayette Park. Detroit, 1955-1963. Planta y alzado de la estructura dibujados por el autor. Fotografía: CARTER, Peter. *Mies van der Rohe trabajando*. Phaidon, Londres, 2006.

FIGURA IV.1-108

Casa McCormick, Elmhurst, Illinois, 1952. Planta y alzado de la estructura dibujados por el autor. Fotografías: *Mies van der Rohe*. Casas. Revista 2G número 48/49, agosto 2009

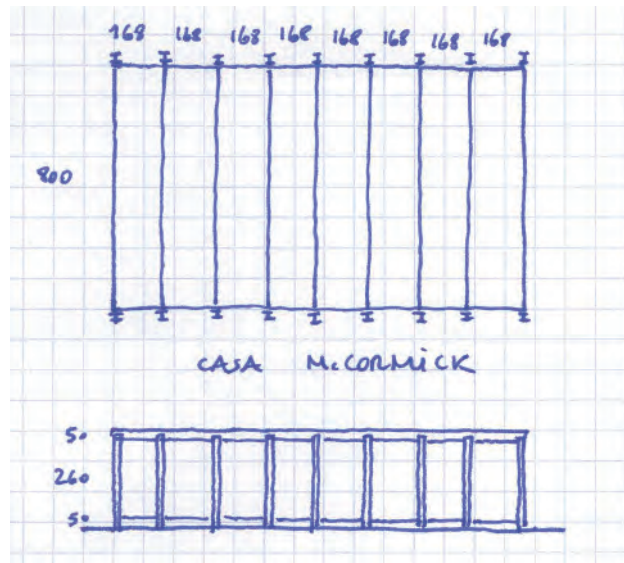
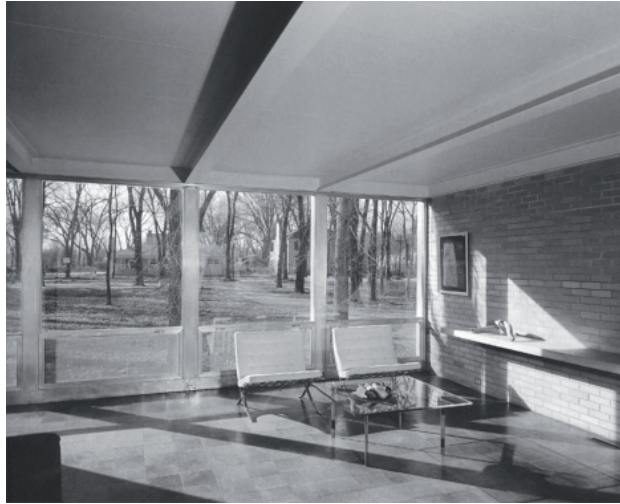




FIGURA IV.1-109  
Casa Morris Greenwald.  
Weston, Connecticut, 1951-  
1953. Fuente: *Mies van der  
Rohe. Casas.* Revista 2G  
número 48/49, agosto 2009



FIGURA IV.1-110  
Casa en Baiao, 1992, arq.  
Eduardo Souto de Moura. El  
trabajo de Souto continúa  
con la claridad tectónica de  
Mies, en combinación con la  
sensibilidad y el uso de  
materiales y técnicas del  
lugar. Fuente: Giovanni Leoni.  
*Eduardo Souto de Moura.*  
Ed. Gustavo Gili,  
Barcelona, 2004.



## IV.2 ESTRUCTURA VISTA Y OCULTA EN EL BLOQUE Y EN LA TORRE

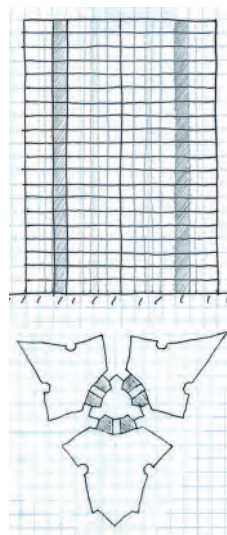
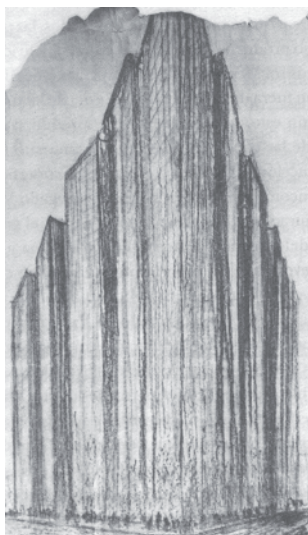


## IV.2. ESTRUCTURA VISTA Y OCULTA EN EL BLOQUE Y EN LA TORRE. RASCACIELOS DE CRISTAL VS OFICINAS DE HORMIGÓN

Las dos soluciones básicas que Mies empleará en sus bloques y torres, la estructura oculta y la estructura vista, están representadas en dos proyectos de principios de 1920: el edificio de oficinas de cristal en la Friedrichstrasse de Berlín, proyecto de 1921, y el edificio de oficinas de hormigón armado, proyecto de 1922.

El primero, es un rascacielos de vidrio de planta poligonal y veinte pisos (figura IV.2-01). Es la primera superestructura de Mies, la primera vez que emplea estructura reticular de pilares en vez de muros de carga y la primera vez que recurre a la solución estructural del forjado horizontal en voladizo. Este proyecto representa una radical ruptura en la obra de Mies. En la memoria del proyecto leemos la intención del arquitecto:

*“ Los rascacielos sólo revelan la audacia de su principio constructivo durante la fase de construcción. Sólo entonces su gigantesco entramado de acero se muestra en todo su esplendor. Cuando las paredes exteriores se colocan en su sitio, el sistema estructural que compone la base de todo diseño artístico queda oculto por un caos de formas triviales y sin sentido. Una vez concluidos, esos edificios sólo suscitan admiración por su tamaño... Podemos ver más claramente los nuevos principios estructurales si usamos cristal en lugar de paredes exteriores, lo que ya es fácil hoy en día en un edificio con esqueleto, cuyas paredes exteriores no soportan carga. El uso del cristal impone nuevas soluciones”.*<sup>1</sup>



1. MIES VAN DER ROHE, Ludwig. *Escritos, diálogos y discursos. 1922-1969*. Colección de Arquitectura, CO de Arquitectos Técnicos, Murcia, 1981. Traducciones: Luis Bravo, Beatriz Goller, Josep Quetglas y Miguel Usandizaga

FIGURAS IV.2-01 y 02. Edificio de oficinas de cristal, Friedrichstrasse, Berlín, 1921. Dibujos de Mies van der Rohe. La figura 02 representa la versión con cristal transparente. The Museum of Modern Art. Nueva York.

FIGURA IV.2-03, derecha. Edificio de oficinas de cristal. Planta sin estructura y alzado. Dibujo del autor sobre planimetría de MvdR. The Museum of Modern Art. Nueva York.

Sin embargo, a pesar de la importancia que Mies concede al nuevo sistema estructural, parece que en los dibujos de esta torre prefiere centrarse en la imagen del cristal, quedando la presencia de la estructura en un segundo plano. El muro cortina de vidrio se superpone a la estructura, y como mucho, deja a la vista las líneas horizontales de los forjados (figura IV.2-02). En los dibujos a carboncillo que se conservan no asoman los pilares a través del cristal y tampoco se dibuja su posición en planta <sup>2</sup> (figura IV.2-03). Se da mucha más importancia a las

2. CAPITEL, Antón. *Las columnas de Mies*. Arquitectos de Cádiz, 2004.

líneas verticales que definen los encuentros entre los distintos planos de vidrio. Pareciera que se quisiera dejar el protagonismo al vidrio sobre la estructura. De hecho, en su memoria, Mies hace hincapie sobre todo en cómo estudió los efectos del vidrio en las fachadas.

3.  
MIES VAN DER ROHE, Ludwig.  
*Escritos, diálogos y discursos.*  
1922-1969. Colección de Arquitectura, CO de Arquitectos Técnicos, Murcia, 1981.

*“Coloqué las paredes de cristal ligeramente anguladas unas respecto a otras para evitar la monotonía de las superficies de cristal demasiado grandes. Descubrí, trabajando con maquetas de cristal, que lo más importante es el juego de reflejos y no el efecto de luz y sombra”.*<sup>3</sup>

Con todo, aquí subyace la importancia que para Mies tendrá el nuevo sistema estructural de pilares, *“el esqueleto”*, y sus enormes posibilidades. Y una de sus conclusiones claras es que esta nueva estructura dará lugar a una *“construcción de piel y huesos”*. Por un lado la estructura, y por otro el cerramiento. Aunque en este caso el cerramiento se superpone a la estructura para ocultarla.

Un año después, en 1922, Mies diseñará una segunda versión de rascacielos de cristal, en esta ocasión con treinta pisos, cambiando la planta poligonal por una planta ondulada (figura IV.2-04).

4.  
MIES VAN DER ROHE, Ludwig.  
*Escritos, diálogos y discursos.*  
1922-1969. Colección de Arquitectura, CO de Arquitectos Técnicos, Murcia, 1981.

*“A primera vista el perímetro curvado de la planta parece arbitrario. Estas curvas por el contrario están determinadas por tres factores: iluminación suficiente para el interior, la masa del edificio vista desde la calle y, finalmente, el juego de reflejos. Los únicos puntos fijos de la planta son las cajas de escalera y ascensor. todos los otros elementos de la planta dependen de las necesidades del edificio y están diseñados para ser resueltos en cristal”.*<sup>4</sup>

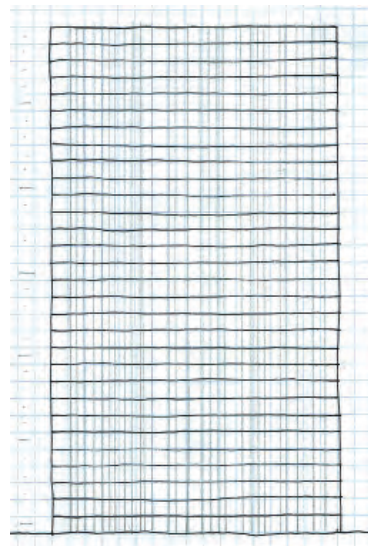


FIGURA IV.2-04, izquierda  
Rascacielos de cristal, 1922.  
Planta sin columnas y alzado.  
Dibujos del autor.

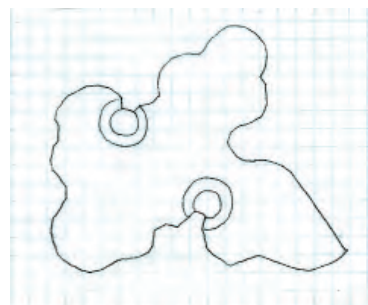
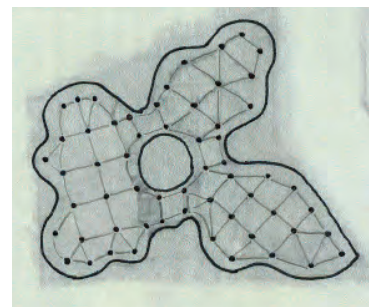
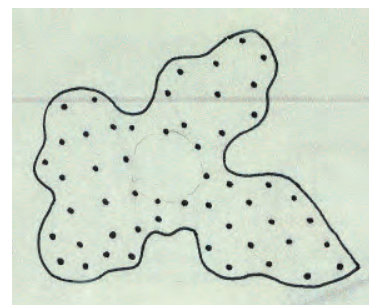


FIGURA IV.2-05, derecha.  
Rascacielos de cristal, 1922.  
Planta con columnas equidistantes y planta con ejes de estructura. Dibujos del autor.



Mies “olvida” hablar de la estructura de este rascacielos, que a diferencia del primer esquema, sí tiene una planta con distribución de los pilares,<sup>5</sup> aunque sea con una distribución poco clara (figura IV.2-05). También en la maqueta de cristal coloca las columnas necesarias para que el edificio se mantenga en pie, a pesar de que la distribución de columnas en la maqueta no coincide con la distribución de columnas en la planta. Es evidente que lo que más preocupaba a Mies en este proyecto era el aspecto del vidrio por delante de la estructura (figuras IV.2-06 y IV.2-07).

5. CAMPO BAEZA, Alberto. *La Estructura de la Estructura*. Memoria del curso 2007-2008. U. D. Alberto Campo Baeza. Maira Libros, ETSAM, Madrid, 2008



FIGURA IV.2-06, izquierda Rascacielos de cristal. Fotografía de maqueta. Fuente: The Museum of Modern Art. Nueva York

FIGURA IV.2-07, derecha Rascacielos de cristal. Dibujo de MvdR. Fuente: The Museum of Modern Art. Nueva York.

Estas dos torres de cristal son el antecedente de la solución de estructura oculta para bloques y torres. El cerramiento se superpone a la estructura, y al menos visualmente, la anula.

Por otro lado tenemos el Edificio de Oficinas de Hormigón Armado, proyecto de 1922-1923, en el que la estructura queda a la vista (figura IV.2-08).

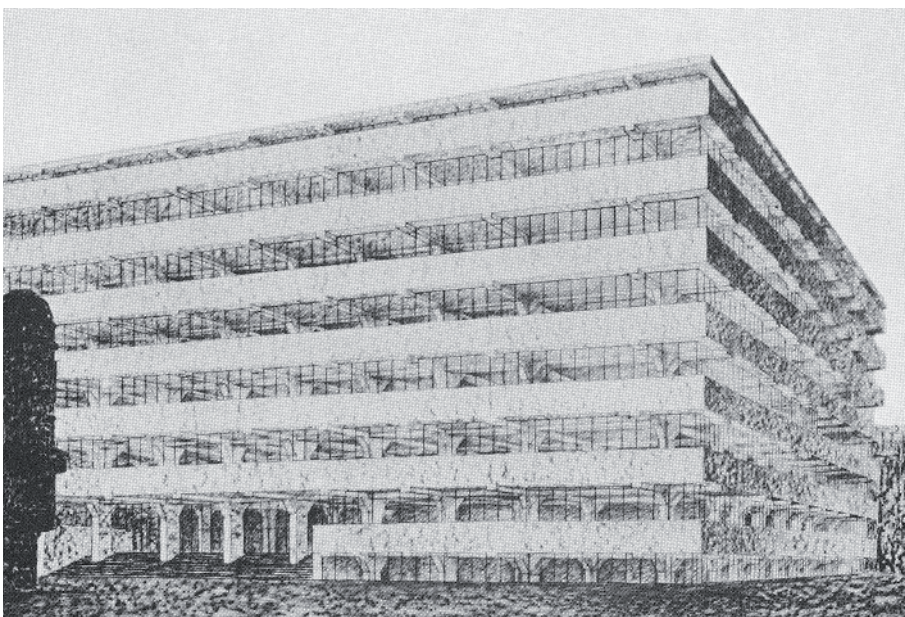


FIGURA IV.2-08 Edificio de oficinas de hormigón armado, 1922-1923. Dibujo de Mies van der Rohe. Fuente: The Museum of Modern Art. Nueva York.

6.  
MIES VAN DER ROHE, Ludwig.  
*Escritos, diálogos y discursos.*  
1922-1969. Colección de Arqui-  
lectura, CO de Arquitectos Téc-  
nicos, Murcia, 1981.

Se trata de un bloque prismático de ocho plantas, rectangular, de proporción horizontal, con estructura reticular vista de pilares y vigas de hormigón armado. Pilares con capiteles cruciformes y vigas descolgadas en las dos direcciones. Forjados formados con losas horizontales de hormigón. Mies vuelve a llamar a este tipo de estructura construcción de piel y huesos, pero a diferencia de sus torres de cristal, en este caso el cerramiento de vidrio se integra con la estructura:

*“Las estructuras de hormigón armado son esqueletos por naturaleza. No tartas. Ni fortalezas. Columnas y jácenas eliminan paredes de carga. Una construcción de piel y huesos. La división funcional del espacio de trabajo determina la profundidad del edificio: 16 metros. Se encontró que el sistema más económico era una doble hilera de columnas separadas 8 metros, con cuatro metros en voladizo a cada lado. Las jácenas están separadas cada 5 metros. Estas jácenas sostienen las losas del piso que, al final del voladizo, se levantan perpendicularmente, formando la piel exterior del edificio. En esas paredes se apoyan estanterías para permitir la libre visibilidad en el centro de las habitaciones. Sobre las estanterías, que tiene 2 metros de alto, corre una faja continua de ventanas”.*<sup>6</sup>

Es la primera estructura reticular ordenada de Mies. Su primera estructura completamente modulada. Y la primera vez que la modulación de la estructura se arrastra al cerramiento. Es también su primera estructura de hormigón armado.

La impresión que nos da es la de un edificio todo estructura. Una estructura pura y dura, con los cantos de las vigas llevados a la propia fachada. La proporción del edificio es horizontal, y la estructura subraya la horizontalidad de la forma. Y para apoyar esa horizontalidad los pilares se retranquean, y también el cerramiento de vidrio, de manera que el protagonismo lo tienen las bandas continuas de hormigón en la fachada. Como curiosidad citaremos el detalle sutil de cómo el voladizo aumenta con la altura del edificio. En realidad se trata no de un edificio prismático, sino de un tronco de pirámide invertida. También es importante destacar el tratamiento de la esquina. Aquí Mies decide ampliar la separación entre columnas, pasando de los 5 metros a los 8 metros de crujía en las dos direcciones. El resultado es una esquina simétrica. La fachada en voladizo, con los pilares retranqueados y la adaptación de la retícula en la esquina son dos mecanismos que nos hablan de la libertad formal de las estructuras de hormigón armado (figura IV.2-09).

Pero sobre todo lo que nos interesa destacar aquí, en contraste con los rascacielos de cristal, es cómo la estructura se convierte en protagonista de la imagen del proyecto. En este proyecto Mies no juega con los reflejos del vidrio, sino con su transparencia, que deja a la vista la estructura reticular, las vigas descolgadas, los capiteles cruciformes y los machones y pilares de hormigón.

Pues bien, estas dos soluciones, estas dos actitudes, acompañarán a Mies en los proyectos de bloques y torres que a continuación vamos a analizar.

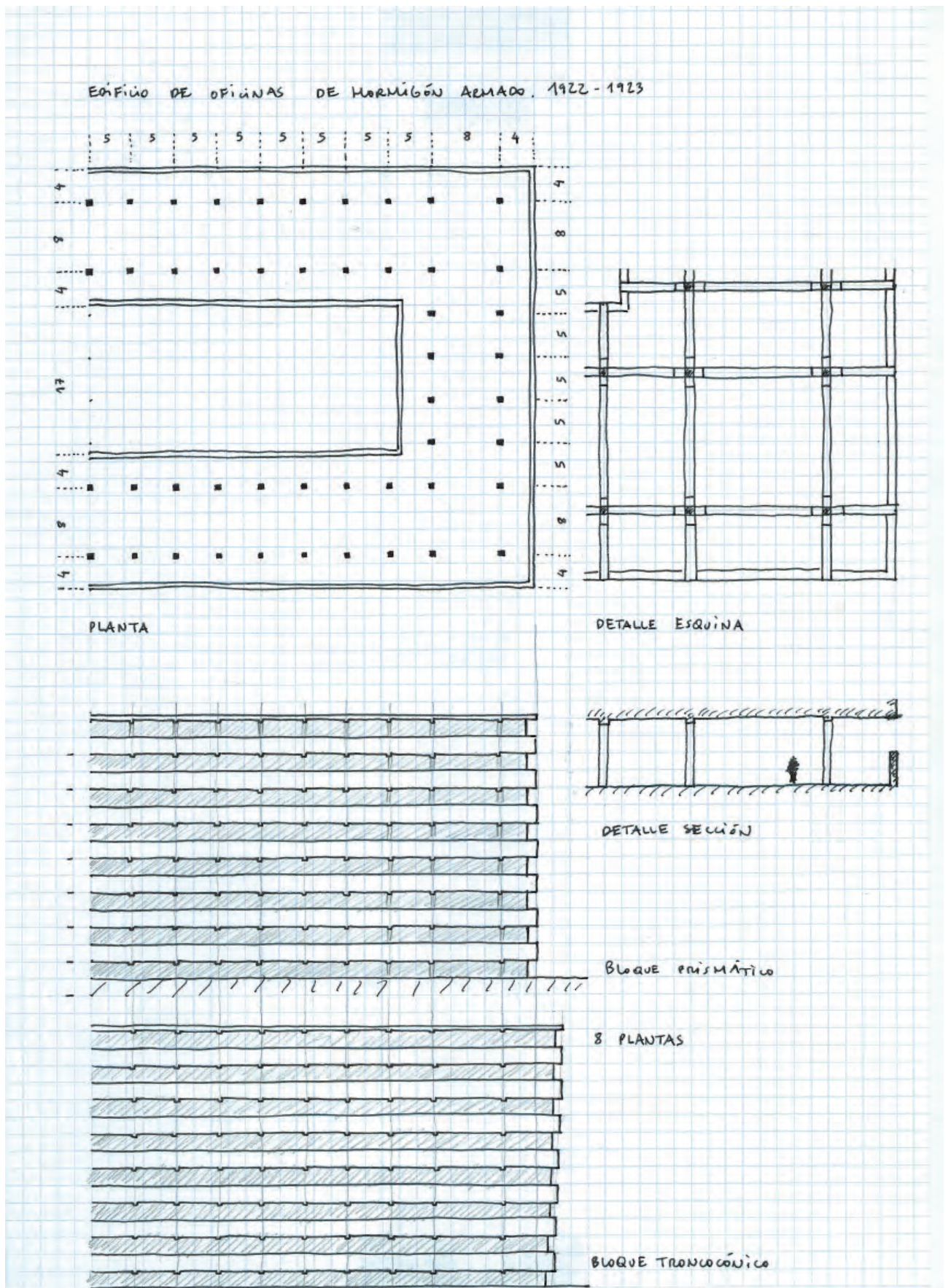


FIGURA IV.2-09

Edificio de Oficinas de Hormigón Armado. Dibujos del autor.

Arriba a la izquierda, planta con distribución de la retícula estructural según la descripción de MvdR.

A la derecha, detalle de esquina y sección tipo.

Debajo, dos soluciones de alzado. La solución real adoptada por Mies es la de bloque troncocónico con voladizo creciente en cada planta. Se puede observar también en los alzados el canto de las vigas sobre las que apoya el peto horizontal corrido.

#### IV.2.1. ESTRUCTURA VISTA. FACHADA REVERBERANTE

En 1925 Mies recibe el encargo del Deutscher Werkbund de diseñar y organizar un barrio residencial a las afueras de Stuttgart, en un terreno en ladera. Mies aprovechará este encargo para invitar a prestigiosos arquitectos, reservándose para sí el principal bloque de viviendas, situado en lo más alto del conjunto sobre un podio que resuelve la pendiente del terreno (figura IV.2-10). Sobre el bloque de apartamentos para la Weissenhofsiedlung nos dice Mies que el requisito fundamental era aunar flexibilidad y racionalización. Y que el sistema de esqueleto era el más adecuado para ese propósito, pues hacía posibles métodos de edificación racionalizados y al mismo tiempo, división sin trabas del interior. Mies trata aquí las cocinas y los cuartos de baño como elementos fijos, mientras que el resto del espacio podía ser partido por paredes móviles.<sup>7</sup>

7.  
KIRSCH, Karin.  
*Weissenhofsiedlung.*  
*Kleiner Führer.* Deutsche  
Verlags-Anstalt, Munich, 2006

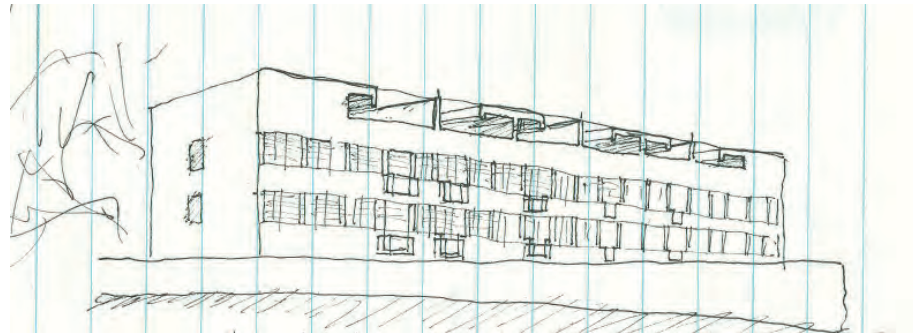


FIGURA IV.2-10  
Bloque de viviendas, Weissenhofsiedlung, Stuttgart, 1925-1927. Dibujo del autor

FIGURA IV.2-11, izquierda  
Bloque de viviendas, Weissenhofsiedlung, en construcción. Esqueleto de acero y cerramiento de ladrillo. Fuente: JOEDICKE Jürgen. *Bau und Wohnung.* Karl Krämer Verlag, Stuttgart, 1992. Primera edición, 1927.

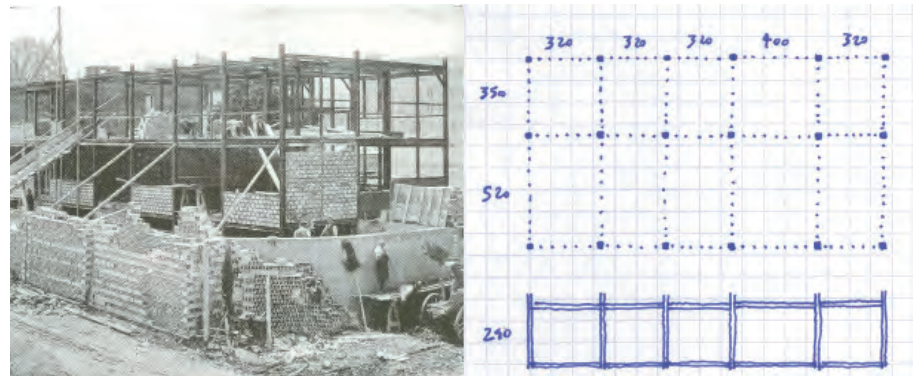


FIGURA IV.2-12, derecha  
Bloque de viviendas, Weissenhofsiedlung, Stuttgart, 1925-1927. Modulación de la estructura. Dibujo del autor

Ésta es la primera estructura reticular de pilares y vigas de acero que construye Mies (figura IV.2-11). Se trata de una estructura ortogonal, modulada, regular. Se emplea el módulo de 3,2 metros en la fachada longitudinal, y una crujía de 3,5 + 5,20 metros en la sección transversal (figura IV.2-12). Sólo cuando la función lo requiere, en las viviendas más grandes, se amplía el módulo de 3,2 a 4 metros. La función está por encima de la modulación. El sistema constructivo se completa con muros de ladrillo para el cerramiento recubiertos con mortero de cemento (figura IV.2-13).

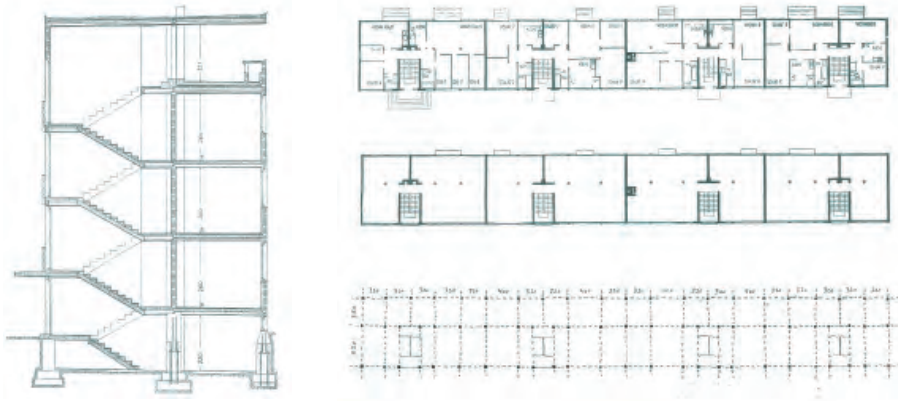
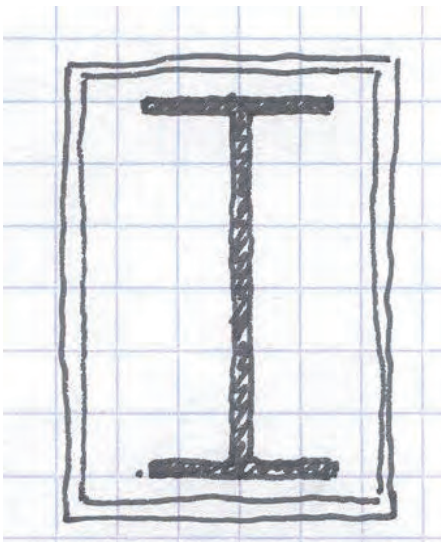


FIGURA IV.2-13, izquierda  
Bloque de viviendas en la  
Weissenhofsiedlung.  
Sección constructiva. Fuente:  
JOEDICKE Jürgen. *Bau und  
Wohnung*. Karl Krämer Verlag,  
Stuttgart, 1992.

FIGURA IV.2-14, derecha  
Planta baja, planta tipo, y plan-  
ta de estructura. Bloque de vi-  
vendas, Weissenhofsiedlung.  
Planimetría de MvdR. Esque-  
ma estructural dibujado por el  
autor.

El bloque tiene cuatro plantas y un sótano (figura IV.2-14). Las zonas vivideras y de estar se colocan en la fachada este, donde están las mejores vistas. Las zonas de acceso, servicio y dormitorios, se orientan a la fachada oeste. El edificio se divide a su vez en cuatro bloques separados con 24 viviendas en total, servidos por cuatro cajas de escalera independientes. La distribución de viviendas es muy variada, desde estudios de un dormitorio, a viviendas de tres dormitorios. Sobre la posición fija de los pilares, se van disponiendo de muy diversas formas las particiones, de manera que el esquema de las tipologías no se repite. Estos pilares van recubiertos con una chapa metálica de sección cuadrada, pintada en color blanco (figuras IV.2-15 y 16). En la última planta se sitúan los áticos, y las terrazas, con zonas cubiertas y abiertas, y unas vistas privilegiadas de la ciudad de Stuttgart. Desde luego, se cumple aquí la flexibilidad que la estructura reticular promete.



FIGURAS IV.2-15, izquierda, y  
IV.2-16, derecha.  
Columna tipo recubierta con  
chapa blanca. Bloque de vi-  
vendas, Weissenhofsiedlung.  
Dibujo del autor y fotografía de  
Mies..

Pero vayamos a la expresión de la estructura en la fachada. Las columnas, perfiles en I, quedan embutidas en el cerramiento de fachada (figuras IV.2-17 y 18). Pero si bien en las dos fachadas transversales, las fachadas cortas, quedan por completo embebidas, en las fachadas longitudinales la disposición de las ventanas de pilar a pilar y retranqueadas dan lugar a lo que podríamos llamar una estructura que parece vibrar (figuras IV.2-19 y 20). Vemos en las fachadas longitudinales tres planos de luz; el plano blanco del mortero, la embocadura de las ventanas en sombra, y las carpinterías negras que se funden con el

interior en sombra de las habitaciones. Esta configuración de tres planos de luz acentúa la presencia de las columnas, muy esbeltas. Y de esta manera la estructura de pilares, en contraste con la sombra de los huecos, se viene hacia delante.

FIGURA IV.2-17  
Esquema estructural de una vivienda. Bloque de viviendas, Weissenhofsiedlung. Dibujo del autor.

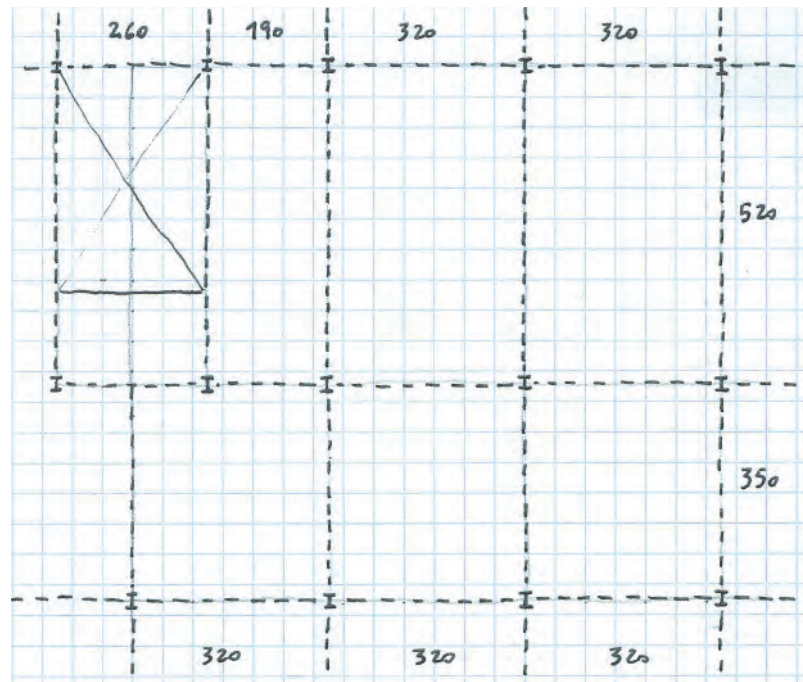


FIGURA IV.2-18  
Relación entre cerramiento y estructura en fachada. Planimetría de Mies.

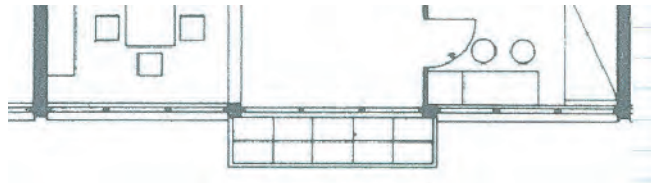


FIGURA IV.2-19  
Relación entre fachada transversal y fachada longitudinal. Bloque de viviendas, Weissenhofsiedlung. Dibujo del autor.

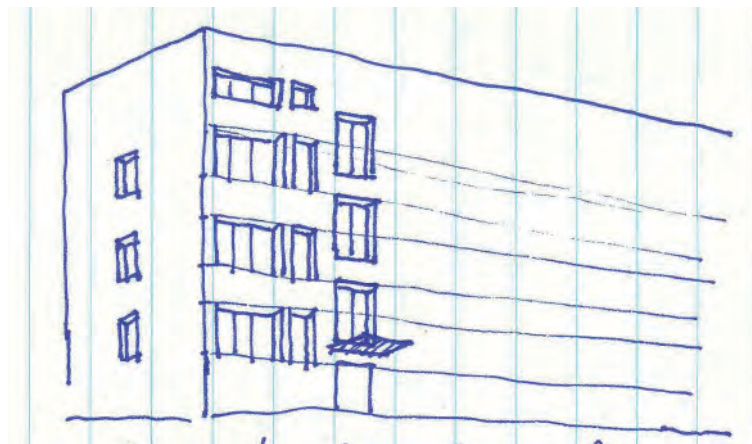
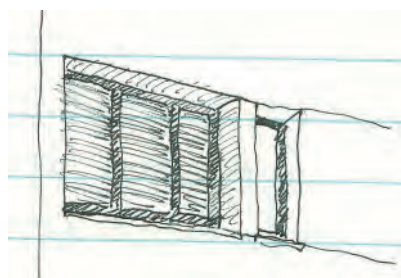


FIGURA IV.2-20  
Retranqueo de ventanas y planos de luz en fachada. Bloque de viviendas, Weissenhofsiedlung. Dibujo del autor.



Esta fachada es muy diferente a la de los edificios de viviendas en la Afrikanischstrasse de Berlín, proyecto de Mies muy cercano en el tiempo, 1926-1927, en el que por temas económicos tuvo que recurrir a los estándares de construcción normales de la época: muro de carga de ladrillo y revoco color ocre. El único guiño a la estructura es el zócalo con el ladrillo visto (figura IV.2-21).<sup>8</sup>

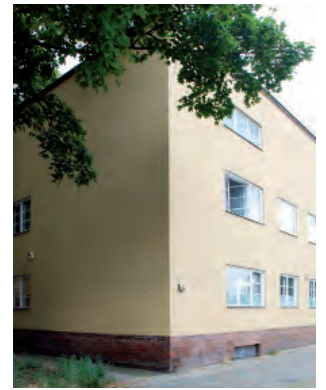
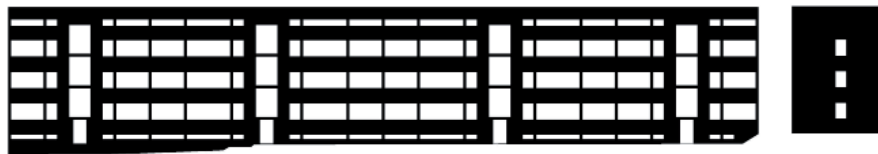
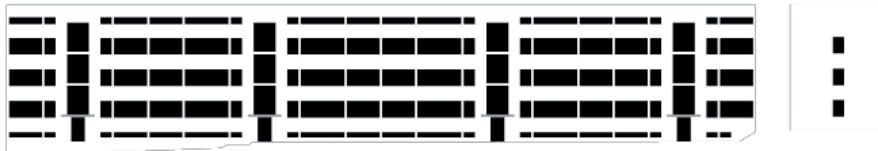


FIGURA IV.2-21  
Viviendas en Afrikanischstrasse, 1926-1927. Fotografía del autor.

En el bloque de la Weissenhofsiedlung, por el contrario, hay una tensión latente entre la continuidad del plano blanco de fachada y la estructura, que quiere mostrarse y establecer un orden y un ritmo en el extenso plano blanco y abstracto. La tensión entre el plano abstracto y la estructura que se transluce. La estructura compartimenta, estructura el plano de fachada. Y con su juego de entrantes y salientes, parece que reverbera (figuras IV.2-22, IV.2-23 y IV.2-24).



8.  
Según describe Jean Louis Cohen, Mies se negó en 1934 a proporcionar documentos de estas viviendas para una exposición del RIBA, lo que demuestra el escaso afecto que conservaba por este proyecto. Fuente: COHEN, Jean Louis. *Mies van der Rohe*. Akal Arquitectura, Madrid, 1998. Traducción. Juan Calatrava Escobar.

FIGURAS IV.2-22 y 23  
Alzado en positivo y en negativo. Bloque de viviendas de la Weissenhofsiedlung. Dibujos del autor



FIGURA IV.2-24  
Columnas de acero vibrando en la fachada. Bloque de viviendas, Weissenhofsiedlung. Fotografía del autor.

Hablamos de fachada reverberante cuando la estructura se funde con el cerramiento sin ocultarse por completo. Es la diferencia entre la fachada corta del bloque de viviendas de la Weissenhofsiedlung y la fachada longitudinal.

El mismo sistema lo encontramos en el proyecto de Mies para la fábrica de la industria de la seda en Krefeld (figura IV.2-25). Una estructura reticular de acero con el cerramiento a eje con las columnas, un revestimiento continuo blanco que recubre tanto los petos y dinteles de ladrillo como las caras vistas de las columnas. Y unos grandes ventanales rellenando los recuadros de la estructura, la plementería. En este caso la relación entre hueco y cerramiento es aún mayor que en el caso del bloque de viviendas, por lo que la presencia de la estructura en la fachada se hace más evidente.

FIGURA IV.2-25

Fábrica para la industria de la seda, Krefeld, 1931-1935.  
Fuente: MERTINS, Detlef. *Mies*  
Phaidon Press, Londres, 2014



## IV.2.2. ESTRUCTURA VISTA INEXPRESIVA

Frente a la solución de fachada reverberante, en la solución de estructura vista la independencia entre los elementos estructurales y los de cerramiento es mayor.

Es el caso del Engineering Research Building, el Instituto de Tecnología del Gas, el Mechanical Engineering Research Building 1, y el Almacén para el Instituto de la Tecnología del Gas, en el IIT de Chicago (figuras IV.2-26 a IV.2-29).



FIGURA IV.2-26, izquierda  
Engineering Research Building,  
IIT, Chicago, 1944-1946. Fuente:  
internet.

FIGURA IV.2-27, derecha  
Instituto Tecnológico del Gas,  
IIT, Chicago, 1947-1950. Foto-  
grafía del autor



FIGURA IV.2-28  
Mechanical Engineering Research  
Bldg 1, IIT, Chicago, 1950-1952.  
Fuente: internet.



FIGURA IV.2-29  
Almacén del Instituto Tecnológico  
del Gas, IIT, Chicago,  
1953-1956. Fuente: internet.

En estos cuatro edificios Mies recurre a una retícula estructural vista de hormigón y una plementería de ladrillo y vidrio a haces exteriores de la estructura. La estructura se dibuja en la fachada sin hacer especial hincapié en su función portante, como veremos más adelante en las estructuras de hormigón con columnas escalonadas que Mies propone en algunas de sus torres.

Una solución más elaborada es la del Commons Building, también en el IIT de Chicago, proyecto de 1952-1953 con estructura de acero. Como se trataba de un edificio de una sola planta más sótano, la normativa de construcción de Chicago no obligaba a proteger el acero,

por lo que la estructura reticular podía quedar a la vista, tanto en el interior como en la fachada (figura IV.2-30).

FIGURA IV.2-30  
Commons Building, IIT, Chicago,  
1952-1953. Fotografía del autor



FIGURA IV.2-31  
Commons Building, IIT, Chicago,  
1952-1953. Planta acotada con  
indicación de la dirección de vi-  
gas y correas. Dibujo del autor  
sobre planimetría de Mies.

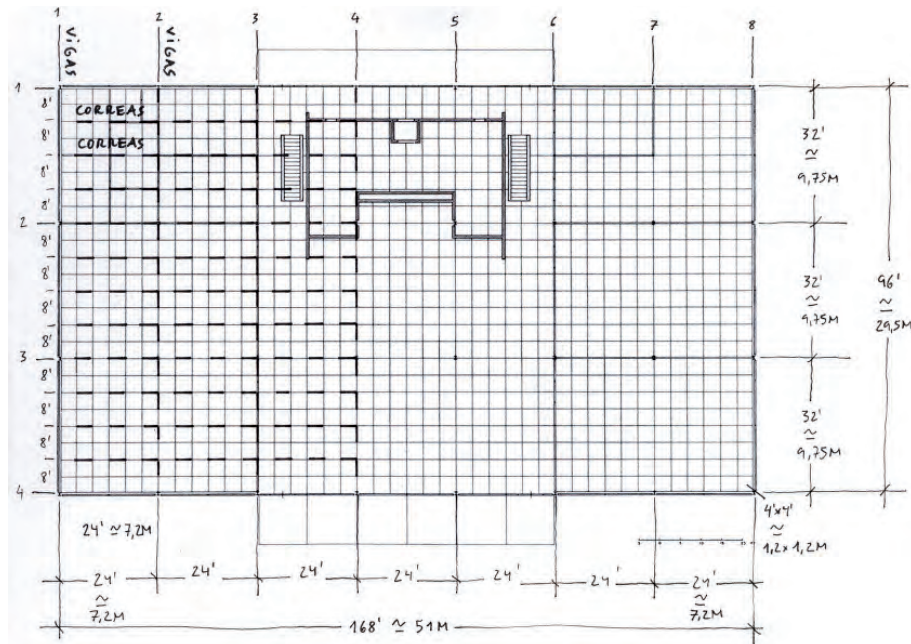
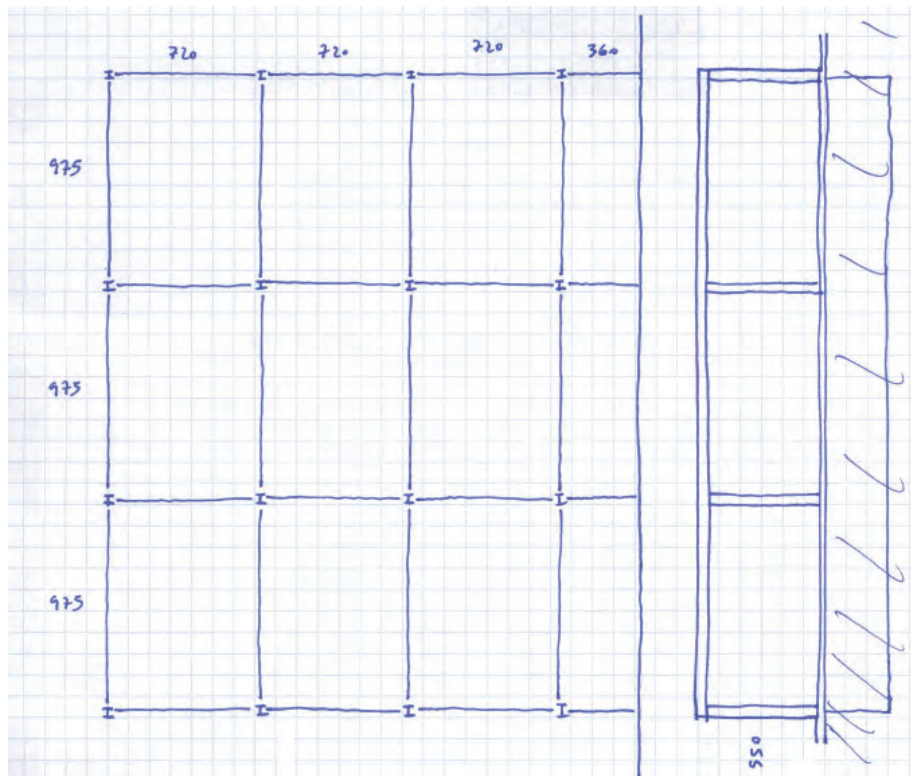


FIGURA IV.2-32  
Commons Building, IIT, Chicago,  
1952-1953. Esquema estructural.  
Planta y alzado de un pórtico.



La estructura se compone de ocho pórticos paralelos, dispuestos cada 7.2 metros, divididos a su vez en tres módulos de 9.75 metros (figuras IV.2-31 y 32). El cerramiento exterior de ladrillo y vidrio se dispone en el eje de las columnas, que quedan a la vista, tanto en las fachadas transversales como en las longitudinales. En el interior también los pilares quedan a la vista, libres en el gran espacio central, embutidos en las particiones de las salas laterales.

Pero donde querríamos poner el acento es en la estructura de cubierta. Como es lógico, las vigas de los pórticos tienen más canto que las vigas de forjado, pues las cargas que soportan y sus luces son superiores. Pero curiosamente Mies las enrasa por sus alas inferiores, por lo que a ojos del observador hay un plano continuo que iguala las alas de las vigas en las dos direcciones (figuras IV.2-33, 34 y 35).

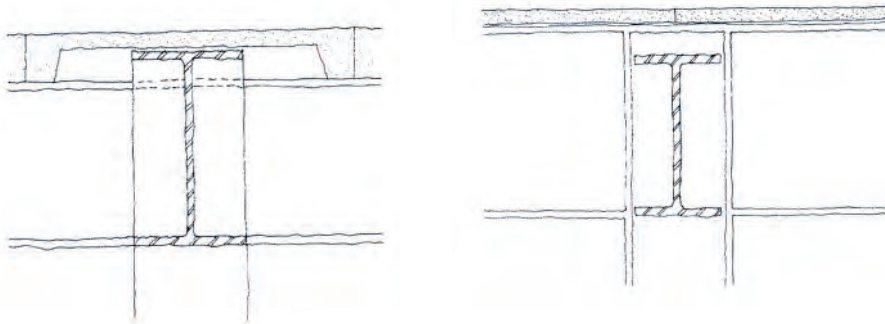


FIGURA IV.2-33, izquierda y IV.2-34, derecha  
Sección por una viga y sección por una correa mostrando el enrase de las alas inferiores. Fuente: BEEBY, Thomas H. *Toward a technological Architecture? Case Study of The Commons Building*. Perspecta nº 31, The Yale Architectural Journal, Cambridge, 2000.



FIGURA IV.2-35  
Interior del Commons Building con la estructura a la vista. Coincidencia de plano de las alas inferiores de vigas y correas, que anula visualmente la diferencia de canto de los perfiles. Fuente: CARTER, Peter. *Mies van der Rohe trabajando*. Phaidon Press Lt, Londres, 2006. Traducción: Gemma Deza Guil. Primera edición, 1974.

Mies no quiere hacer demasiado evidente las dos direcciones de la estructura del Commons Building. La dirección de los pórticos por un lado, y la dirección de los forjados por otro lado. Y eso se ve muy bien en los alzados exteriores. La viga de borde que recoge los pórticos y la que recoge los forjados tienen el mismo canto (figuras IV.2-36, 37 y 38). No se hace evidente la direccionalidad de la estructura. Sólo la posición de los pilares en I, con el alma en la dirección del pórtico, nos avisa que estamos ante una estructura unidireccional (figura IV.2-39).

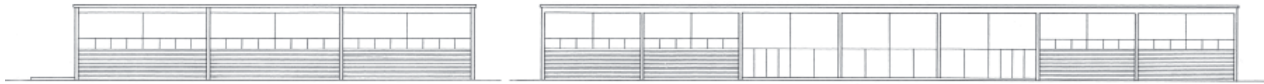


FIGURA IV.2-36

Alzado lateral (el de los pórticos) y principal (el de las correas) del Commons Building. Espesor constante de la viga de borde del forjado de cubierta. Fuente: BLASER, Werner. *Mies van der Rohe. IIT Campus*. Birkhäuser, Berlín, 2002

FIGURA IV.2-37, izquierda y IV.2-38, derecha

Detalle de viga de borde paralela a las correas (viga cajón doble UPN de cantos desiguales), y detalle de viga de borde paralela a las vigas (viga cajón doble UPN de cantos iguales). En el primer caso la UPN interior es de menor canto para poder recoger las piezas de forjado de hormigón prefabricado. La UPN exterior es igual en las dos direcciones. Fuente: CARTER, Peter. *Mies van der Rohe trabajando*. Phaidon Press Limited, London, 2006.

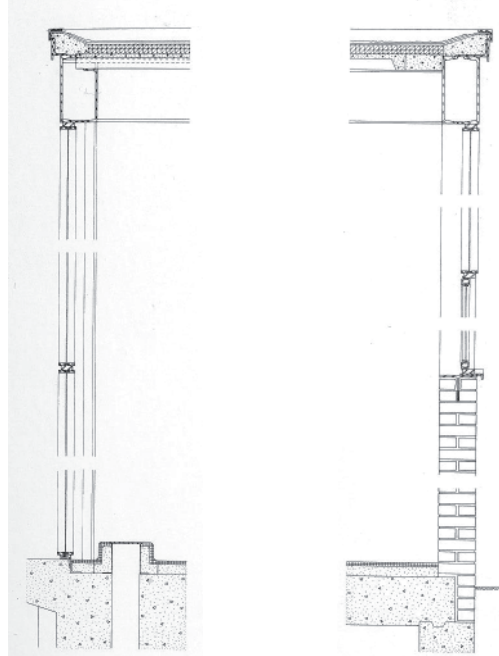
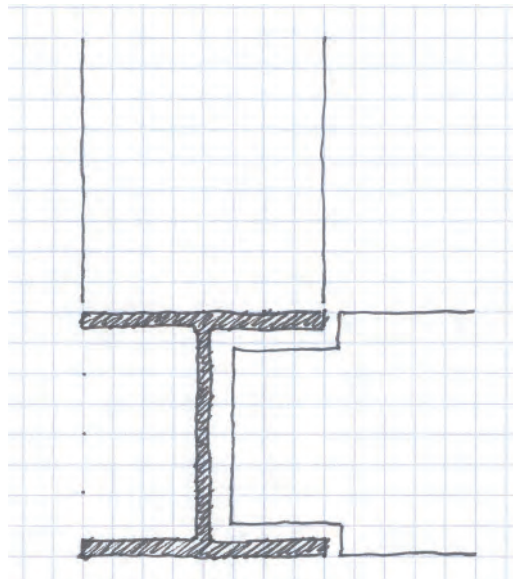


FIGURA IV.2-39

Pilar de esquina recibiendo las dos hojas de ladrillo perpendiculares. El perfil I es un perfil asimétrico, que sí puede mostrar la direccionalidad de la estructura. El alma se coloca en la dirección de las vigas. Las alas, en la dirección de las correas. Dibujo del autor.



Por último, dentro de este apartado de estructura vista pero inexpresiva, quisiéramos traer la doble solución que Mies propone para la capilla del IIT.

Comparemos la planta del edificio que realmente se puso en pie (figura IV.2-40); una estructura de muros de carga de ladrillo y cubierta de acero, con la solución de pórticos de acero y cerramiento de ladrillo que Mies proyectó inicialmente (figura IV.2-41).

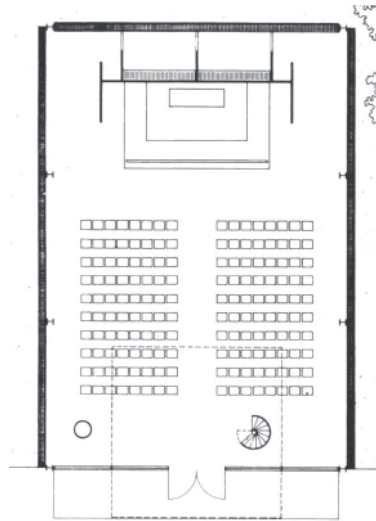
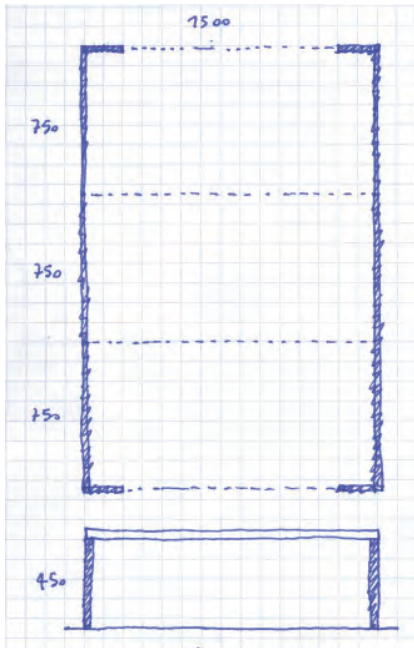


FIGURA IV.2-40, izquierda  
Capilla del IIT, 1949-1952. Planta estructural de la solución construida. Estructura de muros de carga de ladrillo y vigas de acero de muro a muro. Dibujo del autor.

FIGURA IV.2-41, derecha  
Capilla del IIT, 1949-1952. Planta con la versión no construida. Estructura de pilares y vigas de acero y cerramiento de ladrillo adosado a los pilares. Fuente: BLASER, Werner. *Mies van der Rohe. IIT Campus*. Birkhäuser, Berlín, 2002

En la primera, el ladrillo es a la vez estructura y cerramiento. Las vigas principales se disponen de muro a muro, y las correas de atado, perpendiculares a las vigas, vuelven a enrasarse con el ala inferior de las vigas, como en el Commons Building (figuras IV.2-42 y 43). La estructura es unidireccional, pero la esquina simétrica no hace hincapié en esta direccionalidad de la estructura (figura IV.2-44).

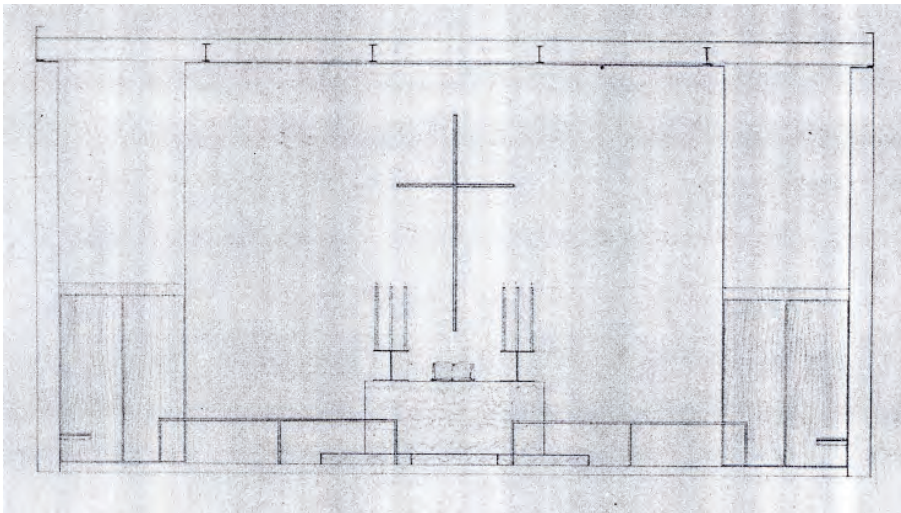


FIGURA IV.2-42  
Capilla del IIT. Sección transversal. Las correas enrasan sus alas inferiores con las alas inferiores de las vigas. Fuente: MIES VAN DER ROHE. IN PERSPECTIVE. A+U, nº 124, Japón, 1981



FIGURA IV.2-43, izquierda.  
Capilla del IIT. Forjado de cubierta. Fotografía del autor.

FIGURA IV.2-44, derecha  
Capilla del IIT. Simetría en la viga de borde de cubierta. Fotografía del autor.

Sin embargo, cuando vemos los dibujos que Mies preparó para la solución de acero, observamos que la esquina no es simétrica (figura IV.2-45). Fijémonos en la diferencia de canto entre la viga de fachada, y la viga de borde sobre el cerramiento de ladrillo. El pórtico se convierte en alzado, y muestra al exterior su diferencia con respecto a las correas de atado. Y también la imagen interior de la capilla hace evidente la direccionalidad de los pórticos (figura IV.2-46).

Esta solución que no se llegó a poner en pie es, en lo que respecta a la estructura, más expresiva que la capilla construida.

FIGURA IV.2-45  
Capilla del IIT, versión no construida. La viga de la fachada principal, la del pórtico, y la viga de la fachada lateral, la de las correas, tienen diferente canto. Fuente: *Mies van der Rohe. In Perspective*. A+U, nº 124, Architecture and Urbanism, Japón, 1981

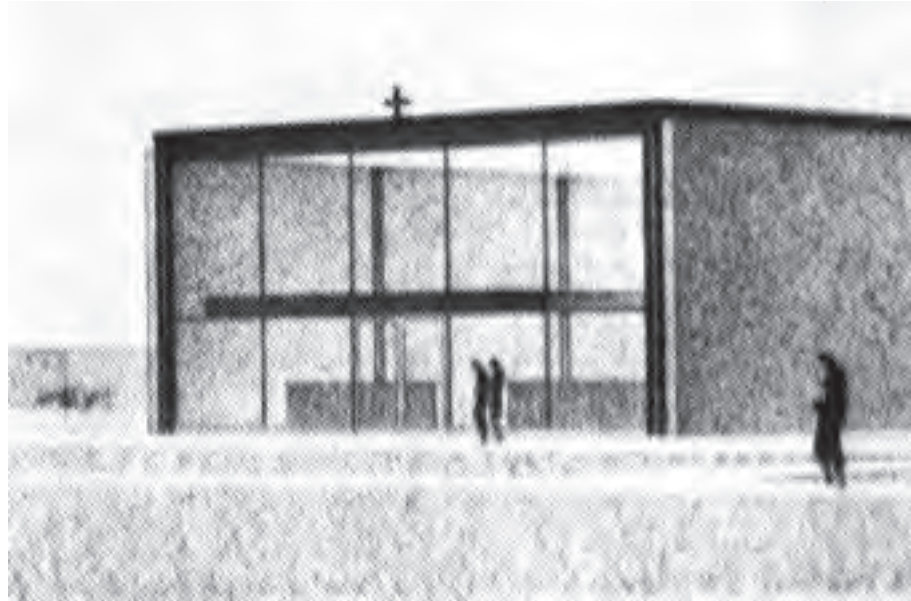
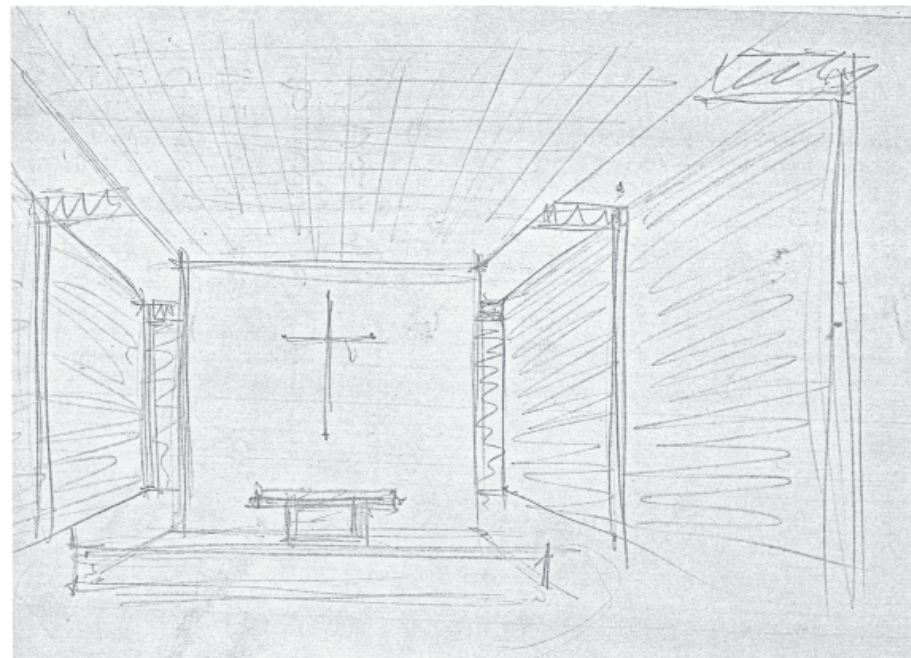


FIGURA IV.2-46  
Capilla del IIT, versión no construida. Vista interior con las columnas y las vigas principales a la vista. Fuente: BLASER, Werner. *Mies van der Rohe. IIT Campus*. Birkhäuser, Berlín, 2002



### IV.2.3. ESTRUCTURA VISTA EXPRESIVA

Los Promontory Apartments de Chicago, 1946-1949, le dieron a Mies la oportunidad de construir por primera vez una torre, un sueño que venía persiguiendo desde su Rascacielos de Cristal en la Friedrichs-trasse de Berlín, proyecto de 1921. Aquí propone Mies una torre de apartamentos de veintinueve plantas al borde del lago Michigan (figuras IV.2-47 y IV.2-48).



FIGURA IV.2-47  
Promontory Apartments, Chicago,  
1946-1949. Fotografía del autor

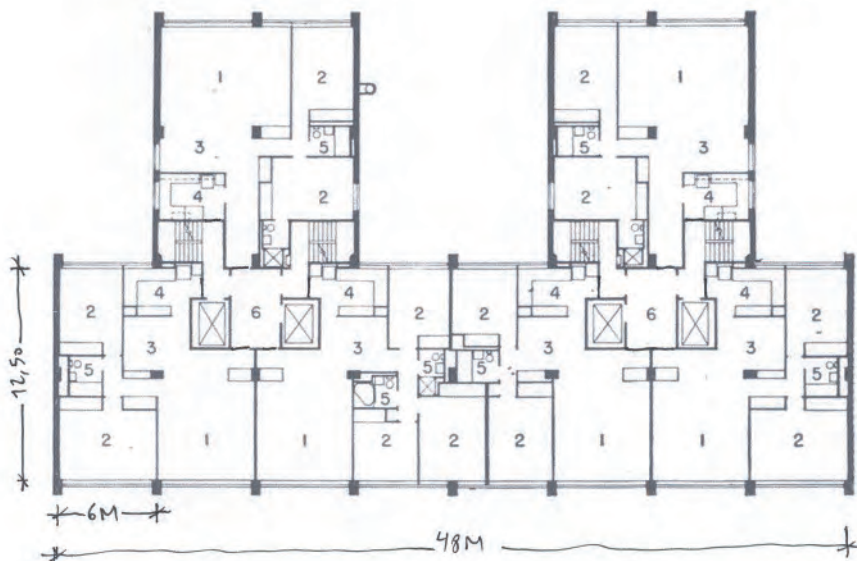


FIGURA IV.2-48  
Promontory Apartments. Plana  
tipo. Cotas del autor sobre  
planimetría de Arthur Drexler.  
Fuente: DREXLER, Arthur.  
*Ludwig Mies van der Rohe*.  
George Braziller, Inc, Nueva  
York, 1960

9. Mies van der Rohe proyectó simultáneamente éste edificio en acero y en hormigón. En la versión de acero se aplica por primera vez el muro cortina todo vidrio con la superposición de la subestructura de perfiles en H. Una solución muy frecuente en sus futuros proyectos de torres. Fuente: BLASER, Werner. *Mies van der Rohe*. Zanichelli, Serie di Architettura, Bolonia, 1977

Acababa de finalizar la Segunda Guerra Mundial, no se podía conseguir acero en el mercado, y Mies tuvo que recurrir en este caso a una estructura de hormigón armado,<sup>9</sup> y una plementería de ladrillo, carpintería de acero y cristal, que va enrasada con el borde de los forjados y con la cara interior de los pilares (figura IV.2-49).

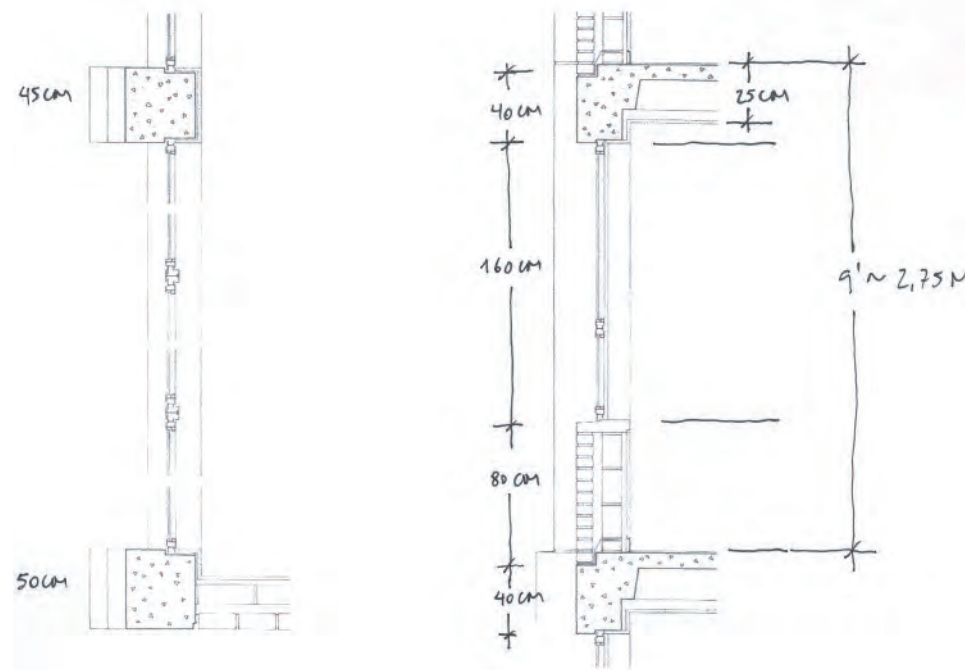


FIGURA IV.2-49  
Promontory Apartments. Detalles. Cotas del autor sobre planimetría de Peter Carter. Fuente: CARTER, Peter. *Mies van der Rohe trabajando*. Phaidon Press Limited, London, 2006.

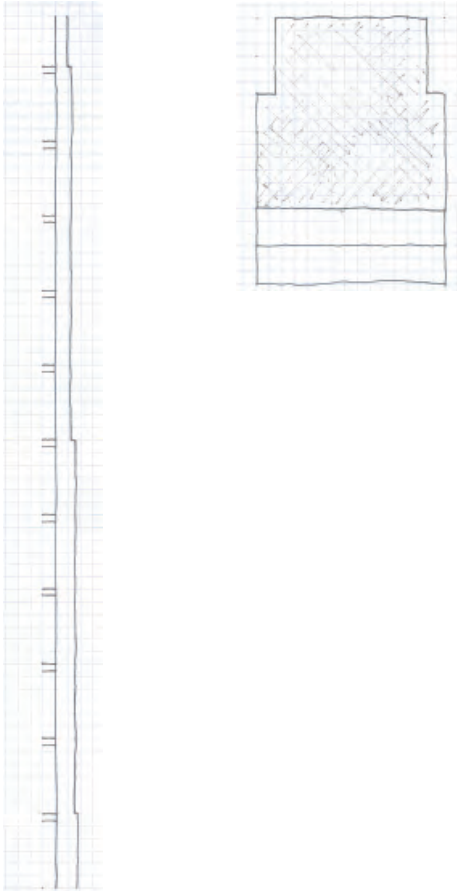
10. Esta solución de pilares por delante del forjado ya la había ensayado en el Restaurante Cantor Drive-in, proyecto de 1945-1946, y en la Casa Cantor, proyecto de 1946-1947, pero será ahora cuando lo pone en práctica por primera vez.

Pero lo que más nos interesa destacar de esta torre es que los pilares van por fuera, por delante de los forjados.<sup>10</sup> Y no de cualquier manera. Las columnas de hormigón quedan a la vista, por delante de los forjados y del cerramiento, con una sección variable que se va escalando cada cinco plantas, haciéndose más ligeras a medida que nos acercamos a la coronación de la torre (figuras IV.2-50 a 52). Kenneth Frampton ha relacionado este gesto con una especie de expresionismo estructural en Mies.<sup>11</sup> Peter Blake lo relaciona con los contrafuertes góticos, y defiende que esta manera de colocar las columnas le permite a Mies dotar al edificio de una mayor verticalidad.<sup>12</sup>

11. FRAMPTON, Kenneth. *Estudios sobre cultura tectónica*. Ediciones Akal, Madrid, 1999. Primera edición 1995.

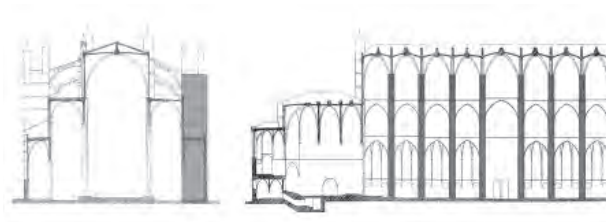
En cualquier caso estas columnas no tienen la presencia que sí tienen los contrafuertes en una catedral gótica. Los contrafuertes de la Catedral de Mallorca, por ejemplo, tienen una proporción de 1x5x23. 1 unidad de ancho, 5 unidades de profundidad, y 23 unidades de altura. Y están separados 4,5 unidades (figura IV.2-53). Las columnas de los Promontory Apartments tienen una proporción de 1x1,5x120. 1 unidad de ancho, 1,5 unidades de profundidad, y 120 unidades de altura, y están separados 11 unidades (figura IV.2-54). Estas columnas son muy esbeltas. Son como filigranas que recorren verticalmente la torre. Sólo en algunas perspectivas oblicuas adquieren la fuerza visual del contrafuerte (figura IV.2-55). Pero en el conjunto, la forma prismática de la torre tiene más fuerza que la estructura.

12. BLAKE, Peter. *The master builders. Mies van der Rohe and the mastery of structure*. W.W.Norton & Company, Inc., Nueva York, 1996. Primera Edición 1976.



FIGURAS IV.2-50, izquierda y IV.2-51, centro.  
Columna escalonada de los Promontory Apartments.  
Alzado y planta.  
Dibujos del autor

FIGURA IV.2-52, derecha  
Aligeramiento de la columna desde la base a la coronación de la torre. Fuente: DREXLER, Arthur. *Ludwig Mies van der Rohe*. George Braziller, Inc, Nueva York, 1960



FIGURAS IV.2-53, derecha, y IV.2-54, izquierda  
Contrafuertes de la catedral de Mallorca vs columnas de los Promontory apartments.

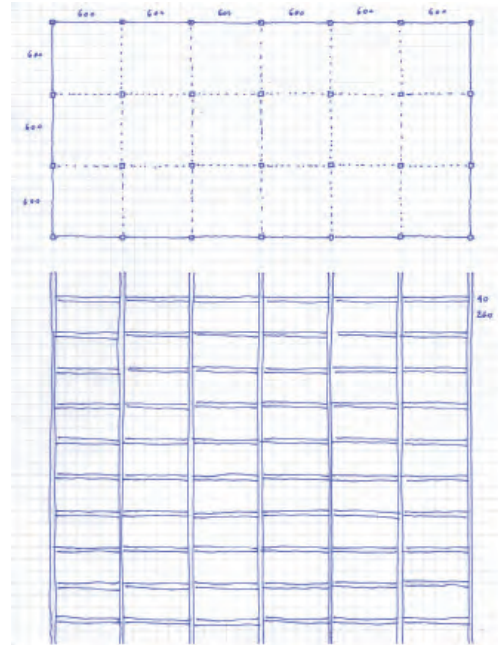


FIGURA IV.2-55  
Perspectiva oblicua de las columnas escalonadas. Fotografía del autor.

También en el Carman Hall, el Cunningham Hall y el Bailey Hall, emplea Mies el sistema de columnas de hormigón por fuera y escalonadas (figuras IV.2-56 y IV.2-57). Estos tres edificios, iguales en sus dimensiones y alturas, se construyeron para alojamiento de los alumnos del IIT, dentro del campus universitario.

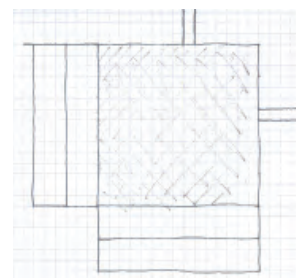
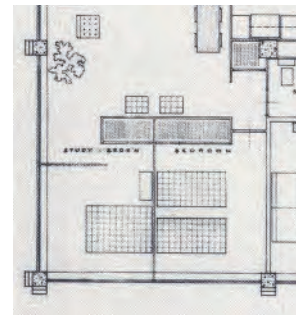
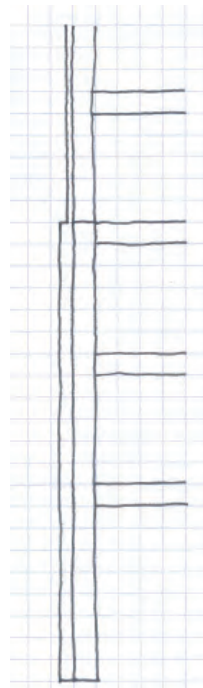
FIGURA IV.2-56, derecha  
Esquema estructural del Carman Hall. Dibujo del autor.

FIGURA IV.2-57, izquierda  
Carman Hall, IIT, Chicago, 1951-1953. Fotografía del autor.

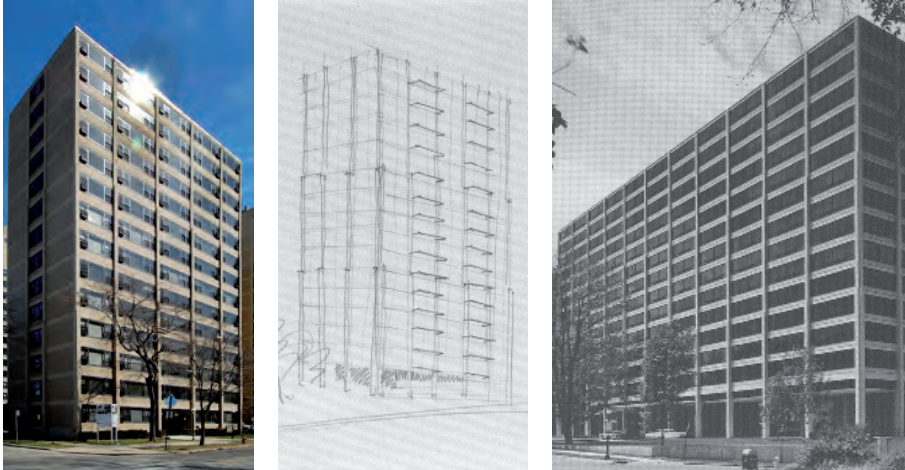


Pero a diferencia de los Promontory Apartments, en estos bloques de apartamentos las esquinas son simétricas, y las fachadas iguales dos a dos. Así, los pilares de fachada se escalonan, como en los Promontory. Pero los pilares de esquina adoptan una planta en forma de L, que también se va escalonando. El cerramiento se completa con un peto de ladrillo claro beige, de unos 75 cm de altura, carpintería de aluminio en su color, y vidrio (figuras IV.2-58 a IV.2-61).

FIGURAS IV.2-58 a 61  
Columna de esquina del Carman Hall. Fotografía y Dibujos del autor.



Mies volverá a utilizar este sistema de columnas de hormigón en los Algonquin Apartments de Chicago, 1948-1951 (figura IV.2-62), el proyecto para los apartamentos Riverside en Trenton, 1951-1953 (figura IV.2-63), los Quadrangles Apartments en Brooklyn, 1957-1959, que no llegó a construir, y en el edificio de apartamentos Highfield House en Baltimore, 1962-1965 (figura IV.2-64).



FIGURAS IV.2-62 A 64  
De izquierda a derecha  
Algonquin Apts, Chicago, 1948-  
1951; Apartamentos Riverside,  
Trenton, 1951-1953; Highfield  
House Apartment Building,  
Baltimore, 1962-1965. Fuen-  
tes: SCHULZE, Franz, *The  
Mies van der Rohe Archive*,  
Museum of Modern Art, 1992,  
y CARTER, Peter. *Mies van  
der Rohe trabajando*. Phaidon  
Press Limited, London, 2006.

También estudió Mies la solución de estructura vista y expresiva en acero. El Metals Research Building,<sup>13</sup> en el IIT de Chicago, 1942-1943, fue la primera obra de Mies en América.<sup>14</sup> Se trata de un edificio de acero, ladrillo y cristal, de planta rectangular de aproximadamente 50x20 metros. La estructura se compone de ocho pórticos de acero separados 24 pies, unos 7,20 metros, los cuales a su vez constan de una crujía de servicio de 18 pies, aproximadamente 5 metros, donde se alojan los despachos y escaleras, y una crujía mayor de 42 pies, aproximadamente 12,8 metros, donde se sitúa la maquinaria de laboratorio e investigación (figuras IV.2-65 y IV.2-66).

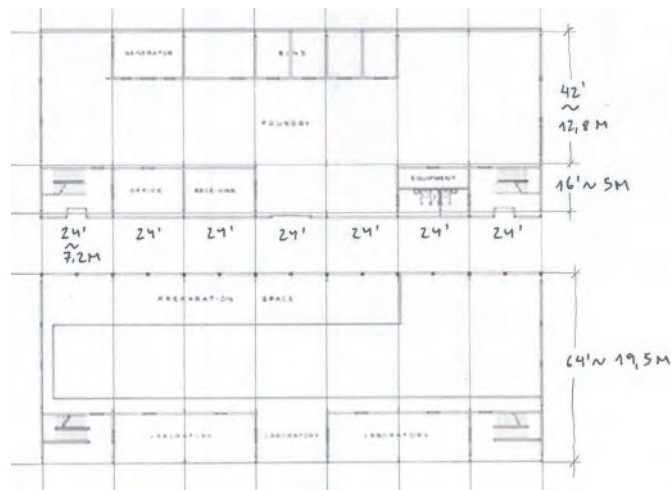
13.  
Según la nomenclatura de  
Franz Schulze en su Auto-  
biografía crítica sobre Mies.  
También es conocido como el  
Minerals and Metals Research  
Building.

14.  
El Metals Research Building  
marca el inicio y el fin de la obra  
de Mies para el IIT de Chicago.  
Fue su primera obra constru-  
cida, y su ampliación, entre  
1956-1958, fue la última obra  
que construyó para el IIT. Figu-  
ra IV.2-a. Ampliación del Metals  
Research Building.  
Fotografía del autor.

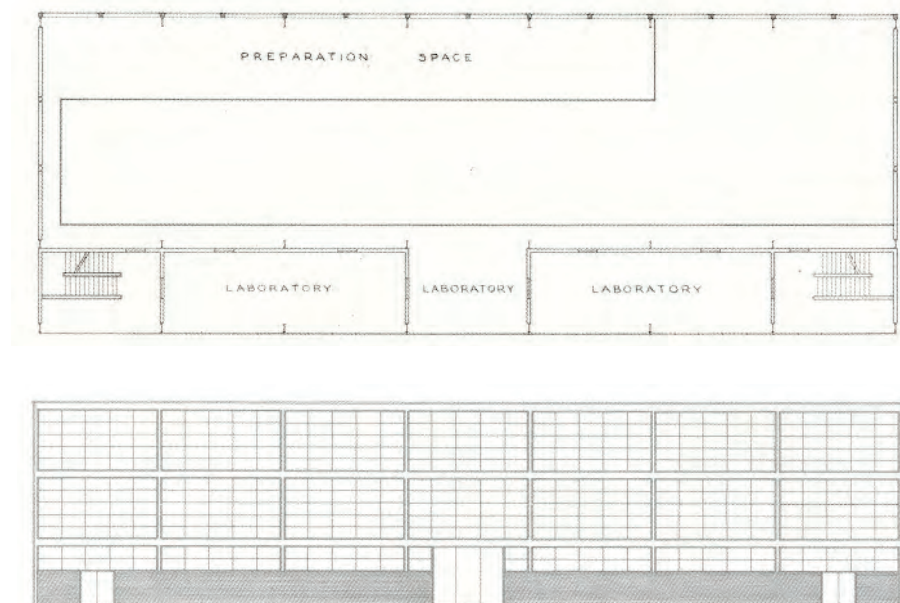
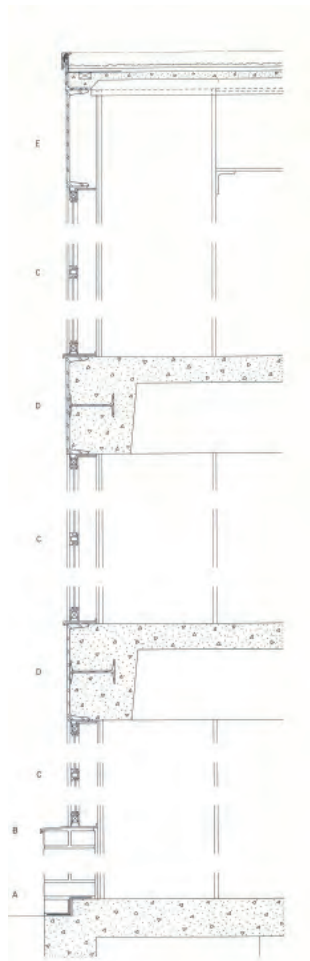


FIGURA IV.2-65  
Metals Research Building, IIT  
Chicago, 1942-1943. Fotografía  
del autor.

FIGURA IV.2-66  
Metals Research Building.  
Plantas acotadas por el autor  
sobre planimetría de Mies.



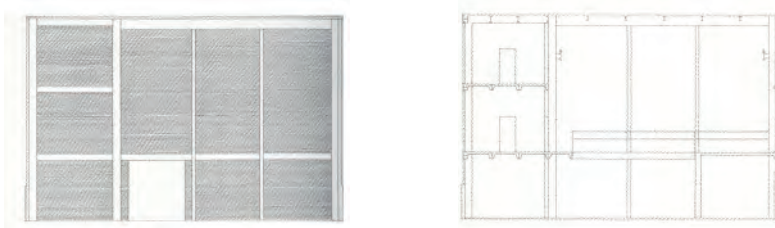
En las fachadas longitudinales la estructura se sitúa por detrás del cerramiento; tanto la fachada principal como la fachada trasera se cierran con una especie de muro cortina de cristal y acero. Los forjados vuelan por delante de las columnas, lo suficiente para servir de apoyo a la subestructura de acero del cerramiento, perfiles en I que se ubican justo delante de cada columna. El cerramiento de cristal se enrasa con la subestructura de acero. Y los cantos de los forjados se terminan con un perfil en U de acero. Es decir, que la fachada es un eco de la estructura. No es un muro cortina que oculta la estructura, sino que refleja al exterior la modulación de la estructura interior (figuras IV.2-67 a IV.2-69).



FIGURAS IV.2-67 y IV.2-68  
Metals Research Building. Planta primera y alzado principal. Las columnas de las fachadas longitudinales se sitúan por detrás del cerramiento, mientras que las columnas de las fachadas transversales van a eje con el cerramiento. En el alzado, tanto la subestructura del cerramiento como la chapa horizontal de borde, son un reflejo de la estructura que está detrás.  
Fuente: MERTINS, Detlef. *Mies*. Phaidon Press, Londres, 2014

FIGURA IV.2-69, izquierda  
Metals Research Building. Sección constructiva de la fachada principal que muestra el vuelo de los forjados con respecto a las columnas, el perfil en U que cubre los forjados, y el cerramiento de vidrio por delante de las columnas. Fuente: SPAETH, David. *Mies van der Rohe*. Rizzoli International Publications, Nueva York, 1985

En las fachadas laterales el cerramiento de ladrillo se dispone a eje con la estructura, rellenando los recuadros del armazón, enrasado con las alas de los perfiles, y dejando la perflería a la vista. Aquí vemos las dos crujías de la estructura, y el diferente canto de las vigas que salvan la luz de 12,80 metros, y la luz de 5 metros. La fachada lateral es una especie de sección constructiva que muestra la realidad de la estructura. Algo que, como veíamos anteriormente, no ocurría ni en la versión construida de la Capilla del IIT, ni en el Commons Building (figuras IV.2-70 a IV.2-74).



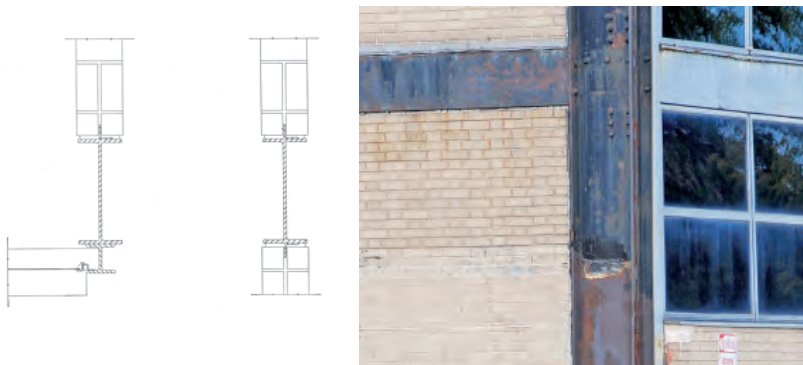
FIGURAS IV.2-70 izquierda y IV.2-71, derecha.

Metals Research Building. Alzado lateral y sección transversal. A diferencia del alzado longitudinal, aquí la estructura sí se muestra directamente en fachada, sin mediación de la subestructura. El alzado es como una sección transversal del pórtico de acero.

Fuente: MERTINS, Detlef. *Mies*. Phaidon, Londres, 2014



FIGURA IV.2-72  
Metals Research Building.  
Detalle de la fachada lateral.  
Fotografía del autor.



FIGURAS IV.2-73 y 74  
Metals Research Building. A la izquierda, comparación del pilar de esquina, con la subestructura sobrepuesta y un pilar intermedio de la fachada lateral, con el cerramiento a eje. Fuente: JOHNSON, Philip. *Mies van der Rohe*. The Museum of Modern Art, New York, 1978. A la derecha, fotografía del pilar de esquina, y encuentro de los dos tipos de fachada. Imagen del autor.

15.

En esta conversación Mies está negando la influencia de Van Doesburg, y Mondrian en su obra. Fuente: PUENTE, Moisés. *Conversaciones con Mies van der Rohe*. Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 2006.



Figura IV.2-b. Fragmento de *Composición en Rojo, Amarillo y Azul*, Piet Mondrian, 1921. Las líneas verticales y horizontales nos recuerdan a la retícula de una estructura de acero u hormigón

Y curiosamente, esta fachada sin composición a priori, que sencillamente refleja la forma de la estructura, acaba adoptando la imagen de un cuadro de Mondrian. El propio Mies describe las razones del edificio en una conversación con Peter Blake.<sup>15</sup>

*“La misma gente clama que yo estoy influenciado por Mondrian en el primer edificio para el campus del IIT, el edificio de los metales. Este tiene una pared que ellos dicen que parece de Mondrian. Pero yo recuerdo muy bien cómo llegó. Todo estaba dado para todo este edificio. El lugar: teníamos sesenta y cuatro pies desde la línea del ferrocarril hasta la acera. Alguien les dio una grúa móvil: tenía cuarenta pies de ancha, de forma que necesitábamos cuarenta y dos pies de centro de columna a centro de columna. El resto eran laboratorios, ¿sabe? Todo estaba allí: necesitábamos refuerzos de acero en la pared de ladrillo. Era una ordenanza del código de construcción. Sólo puedes hacer una pared tan grande si es de ocho pulgadas, de otra forma tienes que reforzarla. Así que lo hicimos. Entonces, cuando todo estaba terminado, la gente del edificio de los metales, los ingenieros, vinieron y dijeron: necesitamos una puerta aquí. Así que puse una puerta. Y el resultado fue el Mondrian.”*

También en el proyecto para la Biblioteca y Administración del IIT, 1944, recurre Mies a la estructura de acero vista y expresiva. El edificio, no realizado, es un prisma de planta rectangular compuesto por catorce pórticos paralelos dispuestos cada 24', aproximadamente 7,20 metros, y cada pórtico está formado por tres vanos de 64', aproximadamente 19,50 metros. La altura del pórtico es 30', unos 9 metros, y la dimensión total en planta 192'x312', unos 58,5 x 93,6 metros. Es una estructura unidireccional. Las fachadas laterales marcan la dirección de los pórticos, y las fachadas longitudinales, marcan la dirección de atado de los pórticos (figuras IV.2-75 y IV.2-76).

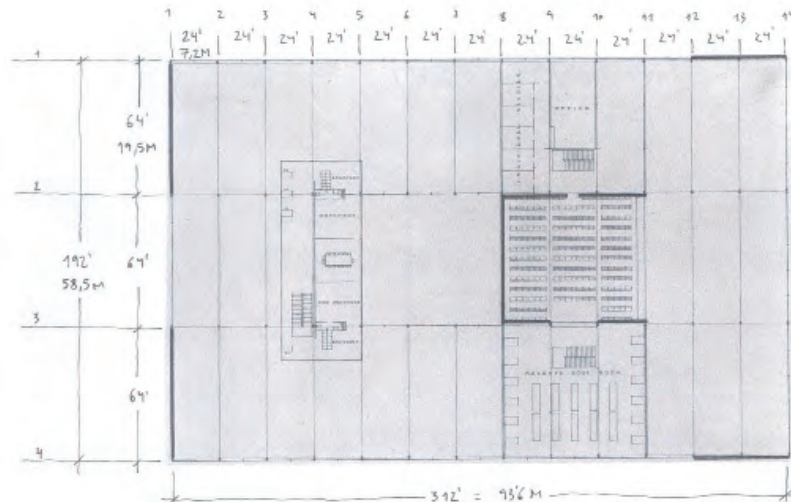


FIGURA IV.2-75  
Biblioteca y Administración IIT, Chicago, 1944. Planta estructura. Acotación del autor sobre planimetría de Mies. Fuente: The Museum of Modern Art.

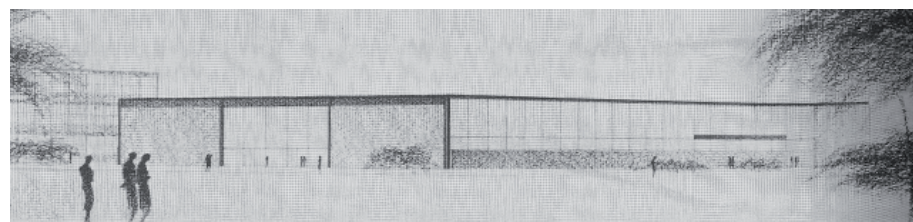


FIGURA IV.2-76  
Biblioteca y Administración IIT, Chicago, 1944. Perspectiva. Fuente: The Museum of Modern Art.

El acero, en gran parte, está a la vista, sin revestimiento ignífugo, pues aquí la normativa no le obliga, y va pintado en color negro mate. El revestimiento exterior consiste en paneles de ladrillo color beige, carpintería de acero también de color negro, y vidrio laminar transparente. Los paneles de vidrio, según Philip Johnson,<sup>16</sup> serían de 18'x12', 5,4 x 3,6 metros, los mayores usados hasta la fecha.

Al igual que ocurría en el Metals Research Building, en la Biblioteca del IIT vemos una clara diferencia entre las fachadas transversales, las paralelas a los pórticos, y las fachadas longitudinales, perpendiculares a los pórticos. En los laterales, el cerramiento se dispone en el eje de la estructura, rellenando los vanos estructurales y quedando así la estructura a la vista, con las vigas de canto expresando su luz estructural de casi 20 metros. En las fachadas longitudinales el cerramiento se dispone por delante de la estructura, pero ya no es un eco de la estructura interior, sino que se trata de un muro cortina que no evidencia la posición de las columnas, como sí lo hacía el muro cortina del Metals Research Building (figuras IV.2-77 a IV.2-80).

16. JOHNSON, Philip. *Mies van der Rohe*. The Museum of Modern Art, New York, 1978.

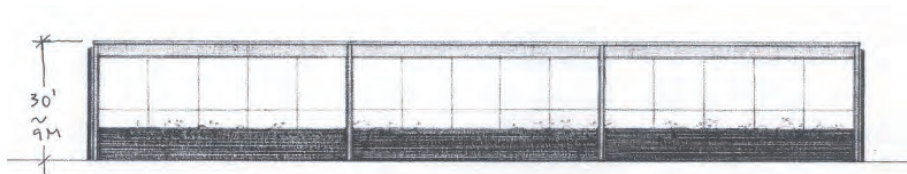


FIGURA IV.2-77  
Biblioteca y Administración IIT. Alzado lateral con el pórtico estructural a la vista. Fuente: JOHNSON, Philip. *Mies van der Rohe*. The Museum of Modern Art, New York, 1978.

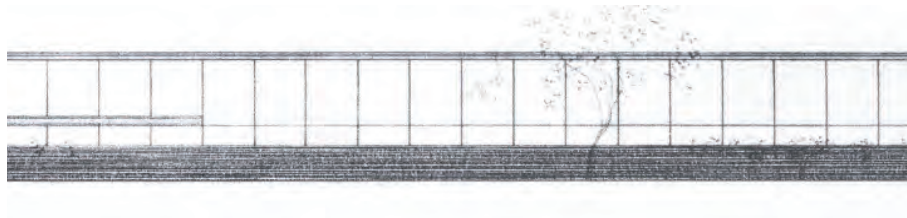


FIGURA IV.2-78  
Biblioteca y Administración IIT. Fragmento del alzado longitudinal con el muro cortina ocultando la estructura. Al contrario de lo que ocurría en el alzado principal del Metals Research Building, aquí la subestructura del muro cortina no indica la posición de la estructura interior. Fuente: JOHNSON, Philip. *Mies van der Rohe*. The Museum of Modern Art, New York, 1978.

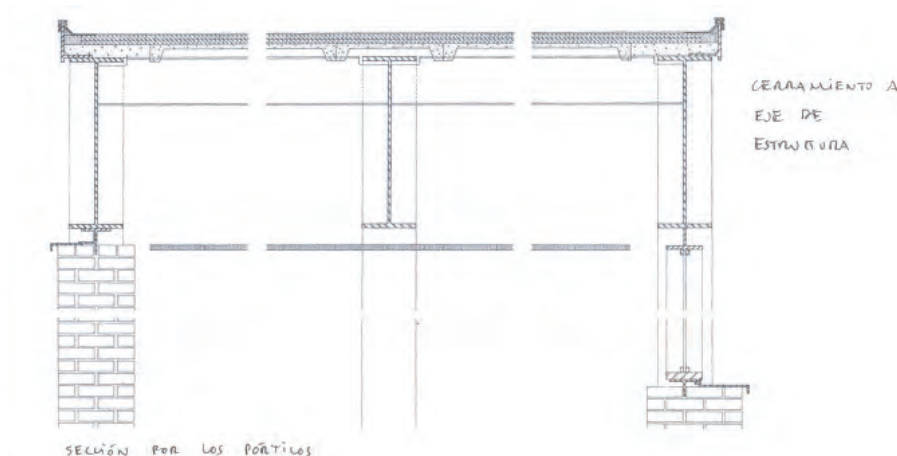
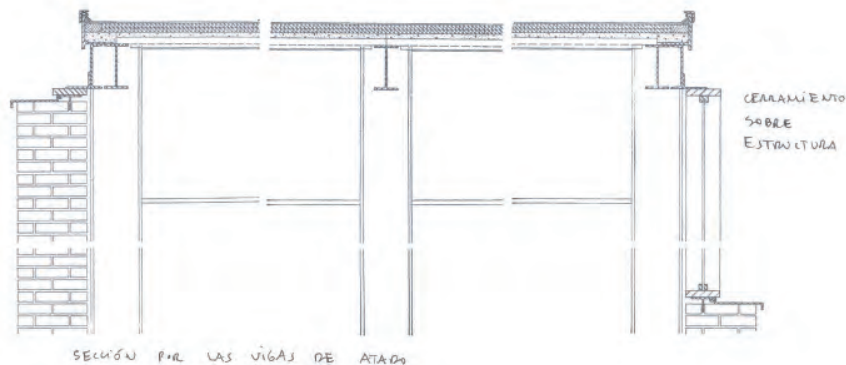


FIGURA IV.2-79  
Biblioteca y Administración IIT. Sección transversal por los pórticos. Las vigas de canto quedan a la vista en la fachada, y el cerramiento se dispone a eje con la estructura. Fuente: JOHNSON, Philip. *Mies van der Rohe*. The Museum of Modern Art, New York, 1978.

FIGURA IV.2-80

Biblioteca y Administración IIT. Sección transversal por las vigas de atado de los pórticos. El cerramiento se dispone por delante de la estructura. Fuente: JOHNSON, Philip. *Mies van der Rohe*. The Museum of Modern Art, New York, 1978.



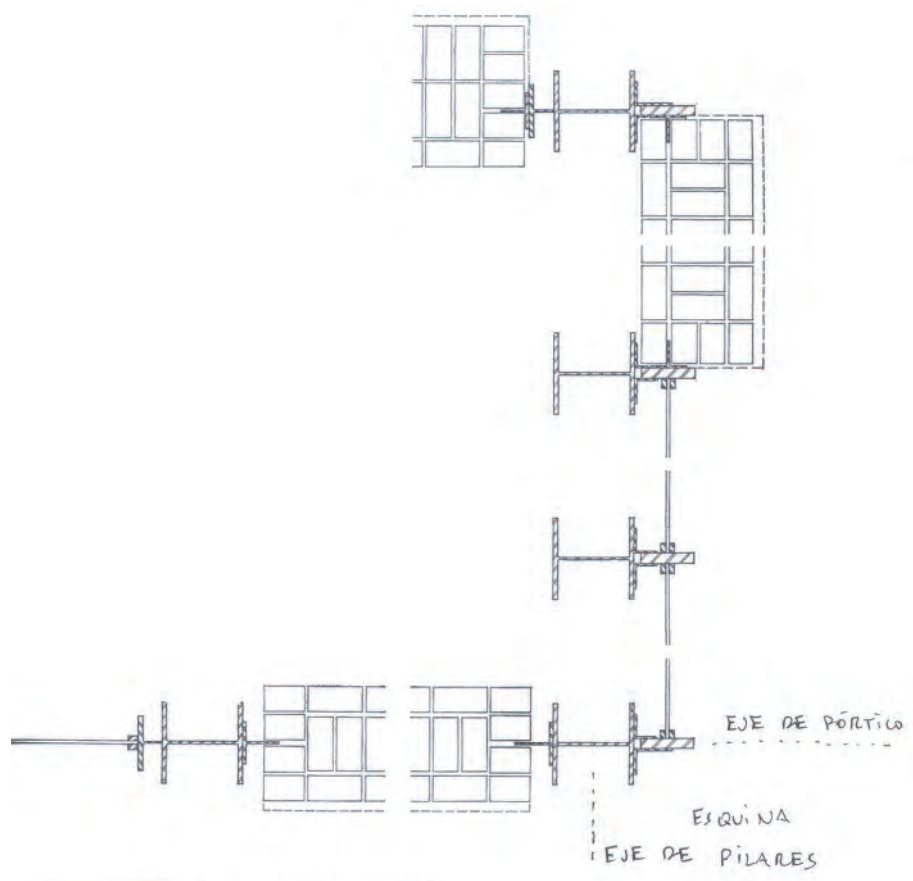
17.

Philip Johnson nos dice que Mies no hubiera diseñado este edificio sin el ejemplo de Berlage, pues aquí lleva a su extremo la teoría de honestidad estructural del arquitecto holandés. Quizás podríamos afirmar que el Metals Research Building, donde la estructura se refleja en todas sus fachadas, se aproxima más a esta idea de honestidad estructural.

La esquina asimétrica nos muestra que estamos ante una estructura unidireccional, aunque en este edificio Mies prefiere reservar la expresión de la estructura a sólo las fachadas laterales (figuras IV.2-81 y IV.2-82). En las fachadas longitudinales la estructura queda en un segundo plano, oculta.<sup>17</sup> En realidad, esta disposición de las fachadas exteriores viene a recalcar la importancia de la estructura donde ésta realmente es importante, en su sección, en el pórtico, el que realmente trabaja, y no en la fachada longitudinal, donde se encuentran los elementos de atado de los pórticos principales.<sup>18</sup>

FIGURA IV.2-81

Biblioteca y Administración IIT. Detalle de esquina. cerramiento a eje con la estructura en las fachadas laterales y cerramiento por detrás del muro cortina en las fachadas longitudinales. Fuente: JOHNSON, Philip. *Mies van der Rohe*. The Museum of Modern Art, New York, 1978.



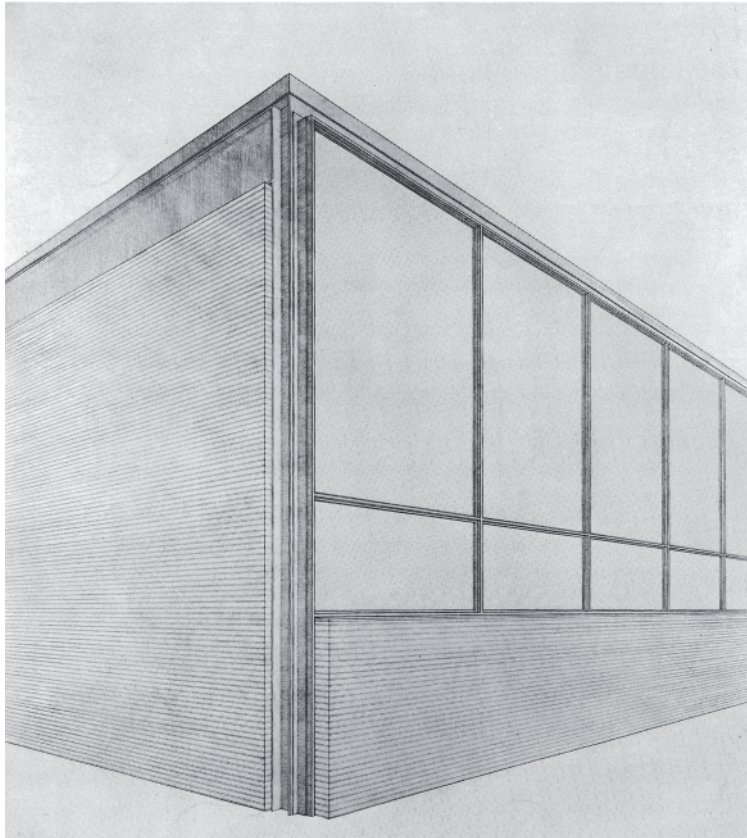
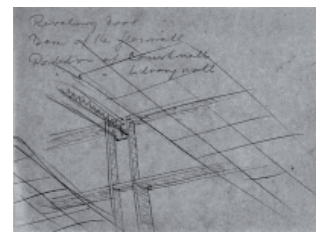
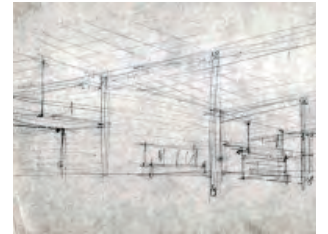


FIGURA IV.2-82  
Biblioteca y Administración IIT. La esquina asimétrica. Fuente: JOHNSON, Philip. *Mies van der Rohe*. The Museum of Modern Art, New York, 1978.

18.  
En el interior del edificio la estructura se convierte en ordenadora de la compartimentación del espacio. En muchos casos las particiones se disponen a eje con la estructura, a pesar de ser particiones bajas que no llegan al techo en la mayoría de los casos. En otras ocasiones las particiones se disponen con libertad respecto a la estructura. Lo más sorprendente en relación con la estructura es la disposición del falso techo, que oculta las vigas de canto, quedando a la vista las vigas de atado de los pilares interiores. Justo al contrario de lo que ocurre en las fachadas, en las que se enseñan las vigas, y se ocultan los atados transversales.



Figuras IV.2-c y d  
Disposición del falso techo ocultando las vigas de canto y dejando a la vista las vigas de atado. Fuente: The Museum of Modern Art, Nueva York.



#### IV.2.4. ESTRUCTURA OCULTA. VESTIDO HORIZONTAL

A finales de la década de 1920, Mies van der Rohe propone una serie de edificios de oficinas y comerciales que son una evolución y fusión de dos ideas:

- La estructura reticular de acero, que había puesto en pie por primera vez en su bloque de viviendas de la Weissenhofsiedlung de Stuttgart, 1925 (figura IV.2-11)
- El cerramiento de cristal liberado de la estructura, que ensayó en sus dos propuestas de rascacielos de principios de 1920 (figuras IV.2-01 y IV.2-04)

El edificio para los Almacenes Adam, en Berlín, 1928, es el primero de esta serie (figuras IV.2-83 y IV.2-84).

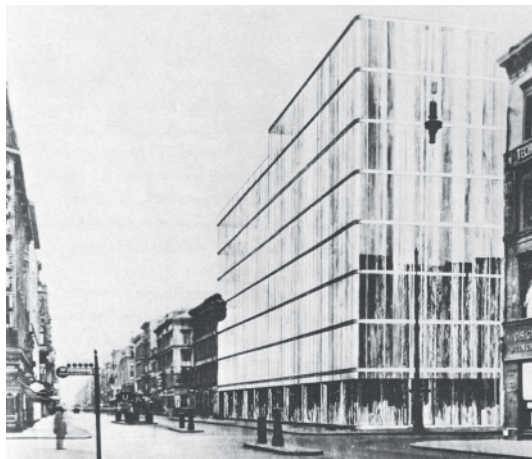


FIGURA IV.2-83  
Almacenes Adam, Berlín, 1928.  
Fuente: SPAETH, David. *Mies van der Rohe*. Rizzoli International Publications, Nueva York, 1985

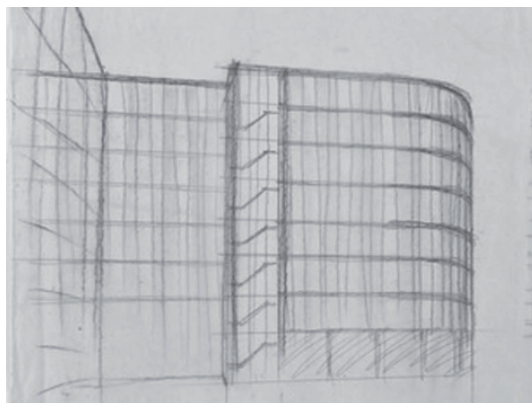


FIGURA IV.2-84  
Almacenes Adam, Berlín, 1928.  
Dibujo de MvdR. Fuente: The Museum of Modern Art. Nueva York.

Se trata de un edificio de ocho plantas con estructura reticular de pilares y forjados de acero y cerramiento de vidrio por delante de la estructura. Sólo en planta baja el plano de vidrio se interrumpe dejando a la vista los pilares. Mies comprendió que la estructura de pilares daba una gran flexibilidad en la organización del espacio y esto era especialmente útil en un edificio para unos grandes almacenes, donde gran parte del espacio va sin compartimentar. En cuanto al cerramiento de

vidrio, hay una diferencia con respecto a sus rascacielos de cristal. Ahora los bordes de los forjados quedan claramente marcados como bandas horizontales en la fachada. La misma marcada horizontalidad que había intentado en su Edificio de Oficinas de Hormigón Armado de 1923 (figura IV.2-08), pero esta vez no con la potente banda de hormigón, sino con una delgada línea que a su vez representa el canto de los forjados. Como ocurriera en los rascacielos de cristal, el vidrio y sus reflejos siguen siendo protagonistas. Probablemente por esa búsqueda de variación en los reflejos las esquinas están redondeadas, y no perfectamente perfiladas. Pero al contrario de las torres, la horizontal manda aquí sobre la línea vertical. Parece que la maduración sobre el nuevo esqueleto de acero ha transformado las formas libres de sus anteriores torres, en esta forma más compacta. Y el resultado es este proyecto que sí tiene apariencia de poder ser construido.

El mismo sistema de cerramiento de vidrio con líneas horizontales por delante de la estructura lo empleará Mies en el Edificio para un Banco en Stuttgart, proyecto de 1928 (figuras IV.2-85 y IV.2-86), y la torre de oficinas de la Alexanderplatz de Berlín, también de 1928 (figuras IV.2-87 y IV.2-88).

FIGURA IV.2-85

Edificio para un banco. Stuttgart, 1928. Complejo formado por un bloque en L de ocho plantas y un bloque curvo anexo de seis plantas. La estructura está formada por una retícula rectangular de pilares y forjados de acero. Al igual que en los almacenes Adams los pilares se llevan a las paredes exteriores para asegurar la mayor flexibilidad en la distribución, pero con el cerramiento de vidrio por delante ocultándolos. Fuente: JOHNSON, Philip. *Mies van der Rohe*. The Museum of Modern Art, New York, 1978.

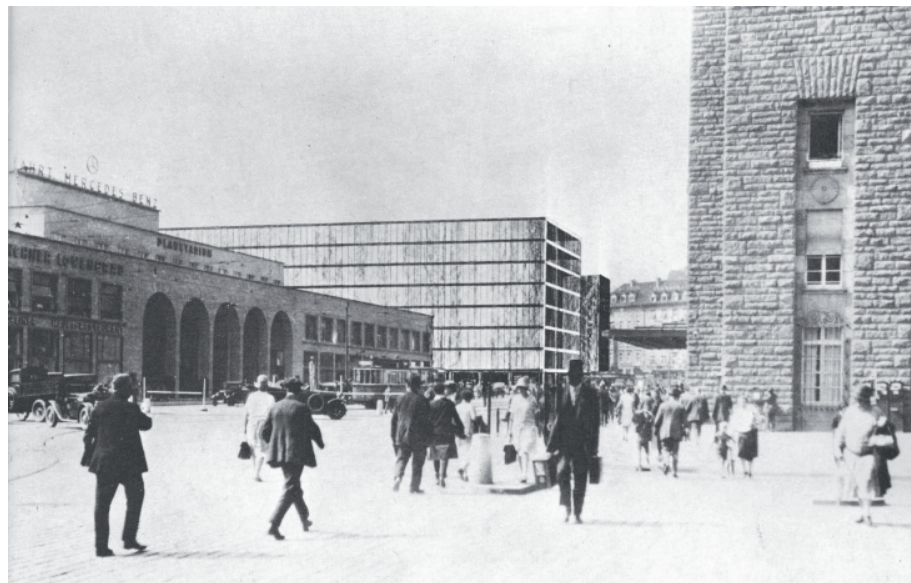
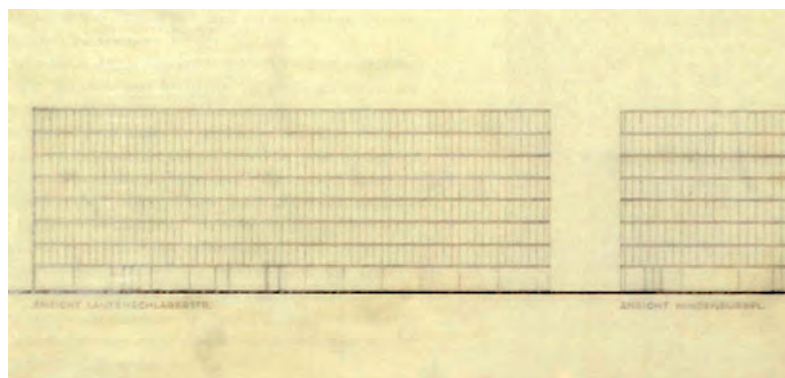
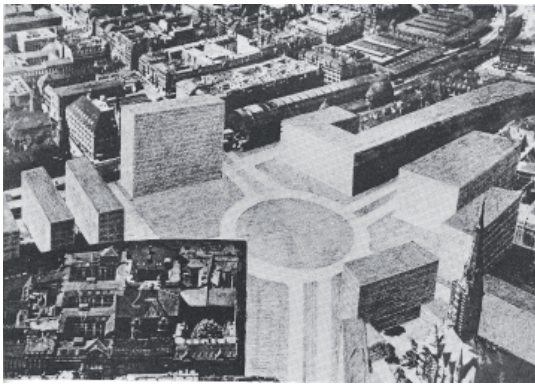


FIGURA IV.2-86

Edificio para un banco. Stuttgart, 1928. Alzado principal a la plaza. Fuente: The Museum of Modern Art, Nueva York

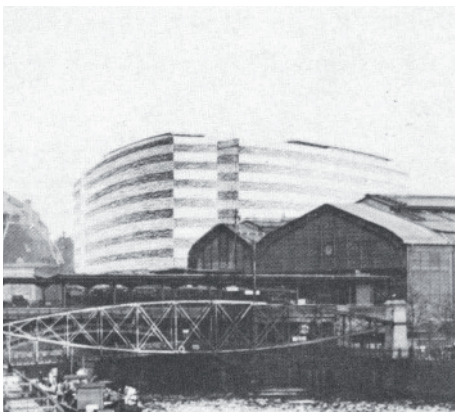




FIGURAS IV.2-87 Y 88  
Remodelación de la Alexanderplatz, Berlín, 1928. Conjunto de bloques prismáticos de vidrio y acero de diecisiete a diez plantas. La estructura está formada por una retícula ortogonal de pilares y forjados de acero. A la derecha, la torre principal de oficinas, con el cerramiento de vidrio por delante de las columnas. Fuente: DREXLER, Arthur. *Ludwig Mies van der Rohe*. George Braziller, Inc, Nueva York, 1960

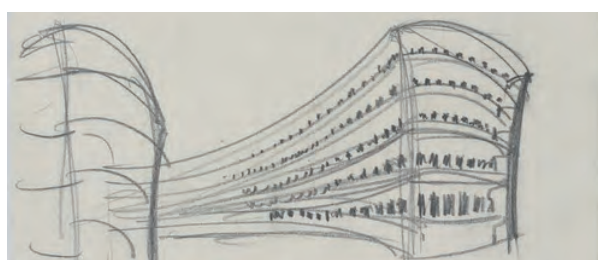
En las perspectivas que conservamos de estos proyectos, Mies se asegura de que los brillos y reflejos de cristal oculten las columnas de acero. Y las líneas de los forjados acentúan la horizontalidad de la forma, no sólo en el Banco de Stuttgart, un edificio cuyas proporciones de por sí ya son horizontales, sino también en la torre de la Alexanderplatz, que con sus diecisiete plantas es mucho más vertical.

El sistema de cerramiento es distinto en el Edificio de Oficinas II de la Friedrichstrasse de Berlín, proyecto de 1928-1929 (figuras IV.2-89 y IV.2-90).



FIGURAS IV.2-89 Y 90  
Edificio de oficinas II en la Friedrichstrasse, Berlín, 1928-1929. Perspectiva exterior y planta tipo. Fuente: JOHNSON, Philip. *Mies van der Rohe*. The Museum of Modern Art, New York, 1978.

Tres bloques curvos alrededor de un núcleo común de comunicaciones y retícula de pilares de acero adaptada a la forma curva. La estructura se lleva casi a fachada, dejando todo el espacio interior diáfano, libre de pilares, con la mayor flexibilidad de organización y utilización. Y el cerramiento, otra vez, se sitúa por delante de los pilares, ocultándolos, y se compone de bandas horizontales de igual altura que van alternando el material; ladrillo y cristal. Sobre cada antepecho de ladrillo una banda de vidrio continua, formando una fachada curva y enrasada, plana. Incluso en uno de sus dibujos, Mies presenta un edificio compuesto por bandas horizontales, sin columnas (figura IV.2-91).



FIGURAS IV.2-91  
Edificio de oficinas II en la Friedrichstrasse, Berlín, 1928-1929. Dibujo de MvdR. Fuente: The Museum of Modern Art. Nueva York.

Y por último, dentro de esta serie de proyectos con estructura oculta y vestido horizontal, el Reichsbank de Berlín, proyecto de 1933 que, al igual que sus antecedentes, no se llegó a construir (figuras IV.2-92 a IV.2-94).

FIGURA IV.2-92  
Reichsbank, Berlín, 1933. Alzado principal a base de bandas horizontales de ladrillo visto y cristal.  
Fuente: JOHNSON, Philip. *Mies van der Rohe*. The Museum of Modern Art, New York, 1978.

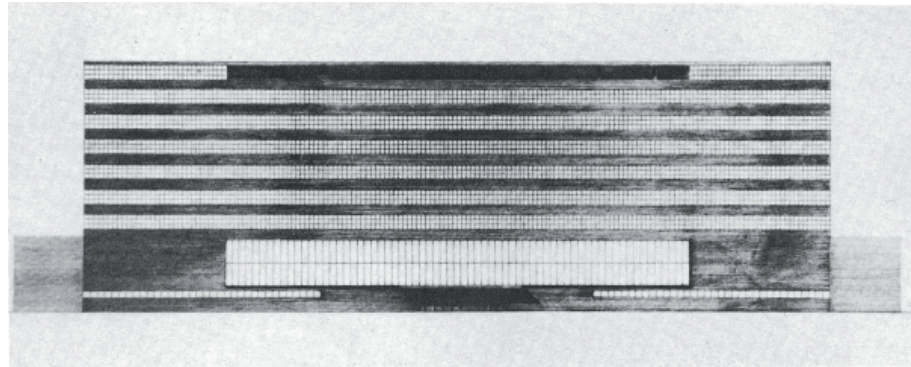


FIGURA IV.2-93  
Reichsbank, Berlín, 1933. Perspectiva exterior del alzado trasero.  
Fuente: MERTINS, Detlef. *Mies*. Phaidon Press, Londres, 2014

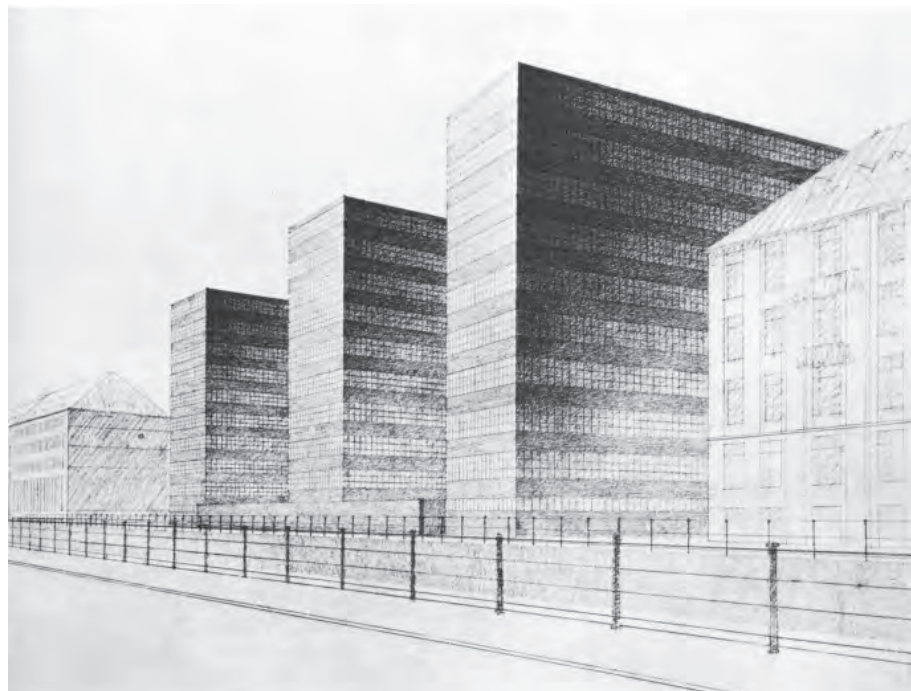
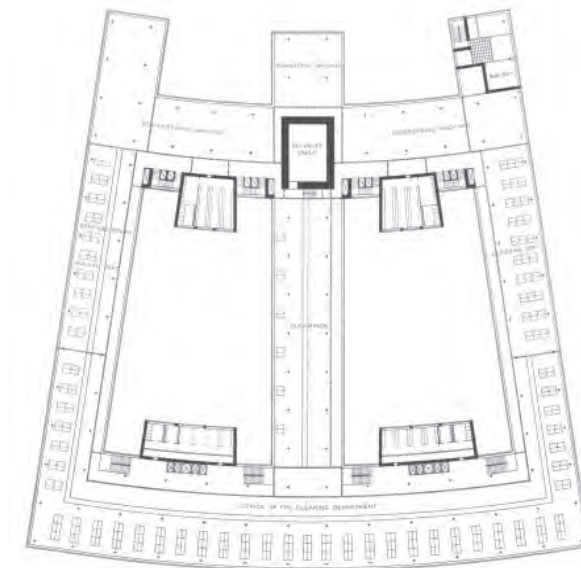


FIGURA IV.2-94  
Reichsbank, Berlín, 1933. Planta tipo que muestra la posición retranqueada respecto a fachada de las columnas cruciformes.  
Fuente: JOHNSON, Philip. *Mies van der Rohe*. The Museum of Modern Art, New York, 1978.



Este proyecto presenta una estructura reticular de columnas cruciformes, con una modulación cuadrada, que se adapta tanto a la forma curva de la fachada principal como a los tres bloques rectangulares transversales. Las columnas se retranquean con claridad de la fachada, y el espacio interior es en su mayor parte diáfano. La fachada tersa se compone de bandas horizontales de ladrillo y cristal que ocultan la estructura de columnas y forjados, un sistema de cerramiento similar al planteado en el edificio de oficinas II de la Friedrichstrasse.

Cuenta Kenneth Frampton<sup>19</sup> que el modelo de Mies para la fachada deriva de la tradición industrial alemana de Fachwerkbauten, donde el armazón de acero visto se combinaba con un relleno de ladrillo y cristal. Este sistema constructivo derivaba a su vez de la Fachwerkbauten tradicional de estructura de madera. Aquí sin embargo, Mies presenta un muro cortina continuo más que un armazón y un sistema de relleno, y esta solución será muy influyente en las obras de su etapa americana.

Todos estos proyectos tienen en común el empleo de un muro cortina que deja la estructura en un segundo plano. El ladrillo, y sobre todo el cristal con sus reflejos, son los protagonistas, por delante de las columnas. Y si bien en sus primeras propuestas al menos aparece la línea horizontal de los forjados, en las dos últimas soluciones, el Edificio de Oficinas y el Reichsbank, la estructura permanece por completo oculta. Se propone aquí una composición de bandas horizontales de ladrillo y cristal, que ocultan no solo las columnas, sino también los bordes de los forjados. Un antepecho alto, opaco, de ladrillo, y una banda acristalada continua enrasada con la cara exterior del antepecho. Una fachada tersa de ladrillo y cristal que acentúa la horizontalidad del bloque.

19.  
FRAMPTON, Kenneth. *Estudios sobre cultura tectónica*. Ediciones Akal, Madrid, 1999. Primera edición 1995.

#### IV.2.5. ESTRUCTURA OCULTA. VESTIDO RETICULAR

En el Campus para el IIT de Chicago, Mies ensayó un tipo de cerramiento muy especial, formado por una subestructura de acero y un muro de ladrillo macizo a la vista de un pie de espesor.

El Alumni Memorial Hall, 1945-1946, fue su primer edificio académico, y la primera vez que pone en práctica esta solución tan especial (figuras IV.2-95 y IV.2-96). Este edificio, que Mies realizó en colaboración con Holabird y Root, está dedicado a los alumnos del IIT caídos en la Segunda Guerra Mundial, y fue diseñado para alojar el programa de entrenamiento de la Marina en el IIT, por lo que también se le conoce como el Navy Building.<sup>20</sup>

FIGURA IV.2-95  
Alumni Memorial Hall, IIT, Chi-  
cago, 1945-1946. Planta baja.  
Acotación del autor sobre dibujo  
de Mies.

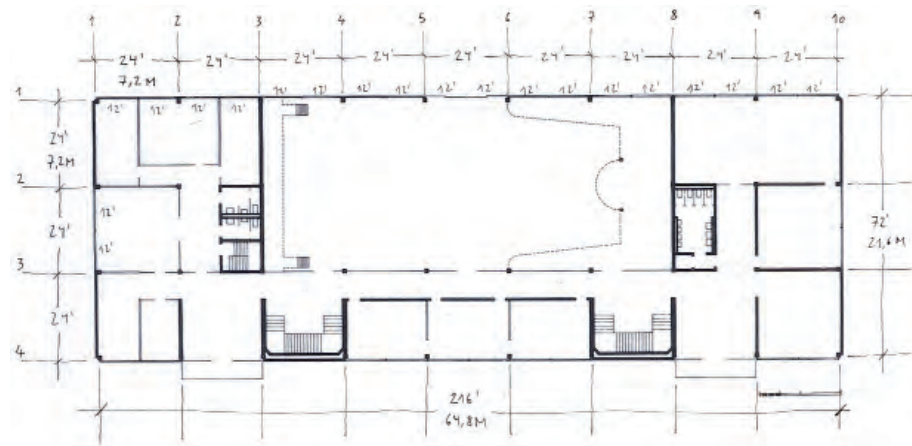


FIGURA IV.2-96  
Alumni Memorial Hall, IIT-Chicago,  
1945-1946. Fuente: CARTER, P.  
*Mies van der Rohe trabajando*.  
Phaidon Press Limited, London,  
2006.



21.  
En la primera versión para el Masterplan del Campus IIT, 1939, Mies definió un módulo estructural y espacial de 24x24 pies en planta y 12 pies de altura; aproximadamente 7,20x7,20x3,60 metros. La dimensión de 24x24 pies fue determinada por el tamaño de una sala que se acomodaba a los tres usos previstos; clases, laboratorios y talleres. La sala determinaba el tamaño del edificio. Este módulo se adaptaba perfectamente a las necesidades funcionales de todo el campus. Además, Mies propuso para el Campus del IIT un lenguaje constructivo común. Acero pintado de negro, ladrillo beige y cristal daban unidad a un conjunto cuya construcción se dilataría en el tiempo.

El edificio tiene planta rectangular, dos pisos, y estructura de acero recubierta de hormigón para su protección frente al fuego. La retícula de la estructura es ortogonal, regular y cuadrada, con un módulo básico de 24'x24', aproximadamente 7,2x7,2 metros, y 12' de altura, unos 3,6 metros.<sup>21</sup> Las dimensiones en planta son 21,6x64,8 metros, 72'x216', y 30' de altura, unos 9 metros aproximadamente. Es una estructura de 9x3 crujiás, unidireccional, con los pórticos estructurales en la dirección transversal, y las vigas de atado en la dirección longitudinal. En las cinco crujiás centrales se elimina una fila de pilares, quedando un espacio en doble altura, y con doble luz estructural (figura IV.2-97).

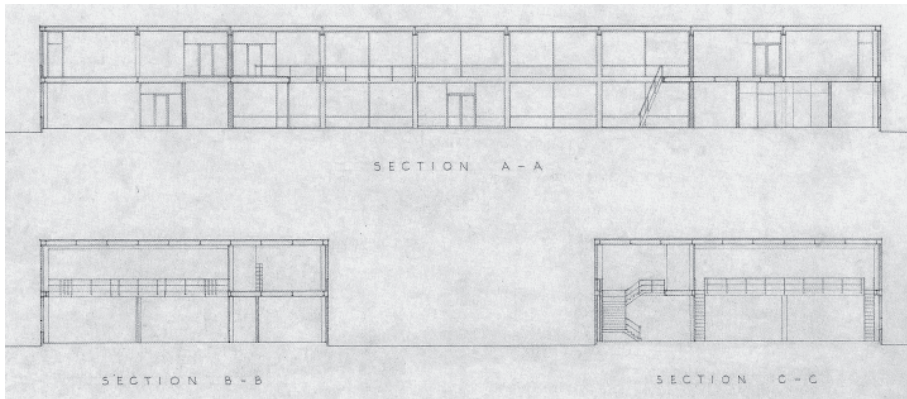
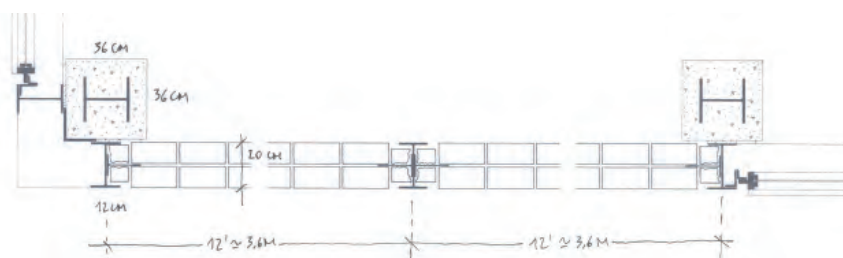
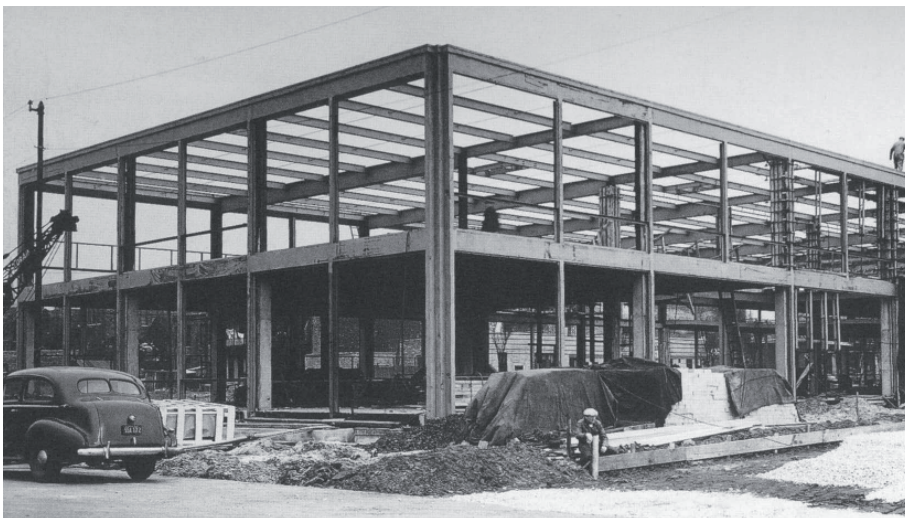


FIGURA IV.2-97

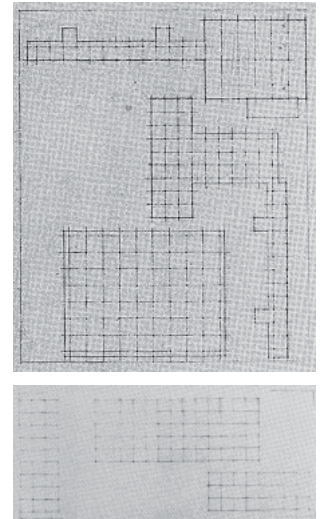
Alumni Memorial Hall. Secciones longitudinal y transversales por el espacio en doble altura. En la sección longitudinal se muestran las vigas de canto de los pórticos estructurales. En las secciones transversales, las vigas de atado. Fuente: Fuente: MERTINS, Detlef. *Mies*. Phaidon Press, Londres, 2014

El cerramiento, de ladrillo, acero y vidrio, se dispone por delante de la estructura en las dos fachadas, simétrico, sin tener en consideración la unidireccionalidad de la estructura. Pero lo que más nos sorprende de este cerramiento es la presencia de una subestructura de acero, formada por perfiles en H dispuestos cada 3,6 metros y que estrictamente no es necesaria. Esta subestructura se aprovecha como marco de las carpinterías, como refuerzo de los paneles de ladrillo (aunque para las dimensiones de las que estamos hablando, un paño de ladrillo de 7,20x3 metros de una hoja de ladrillo macizo, no sería necesario este refuerzo), y tiene una fuerte presencia en la fachada. Pareciera que se tratara de una auténtica estructura que se revela en fachada pero la realidad no coincide con la apariencia. La verdadera estructura se encuentra detrás de la subestructura (figuras IV.2-98 a IV.2-100).



21. (continuación)

Pero será en su segunda versión del plan, la de 1940-1941 cuando Mies dispone la estructura como ordenadora de toda la forma urbana. Una gran retícula modulada en 24x24 pies que relaciona entre sí y ordena todos los edificios (figuras IV.2-e y f). Esta idea general para el Campus tenía también un sentido práctico. Los edificios se podrían construir poco a poco, a lo largo de los años, según se fueran necesitando. Los usos no se mezclarían, por lo que cada edificio podría tener su dimensión óptima, adaptada a sus necesidades. E incluso si los diseños se encargaban a distintos arquitectos, la forma general del Campus mantendría su unidad. Fuente: LLOBET I RIBEIRO, X. *Hilberseimer y Mies*. Caja de Arquitectos, Barcelona, 2007



FIGURAS IV.2-e y f. Campus IIT. Arriba, Esquema estructural de la 1ª solución. Retícula estructural sin relación entre edificios. Debajo, Esquema estructural de la 2ª solución. Retícula estructural que relaciona todos los edificios

FIGURA IV.2-98

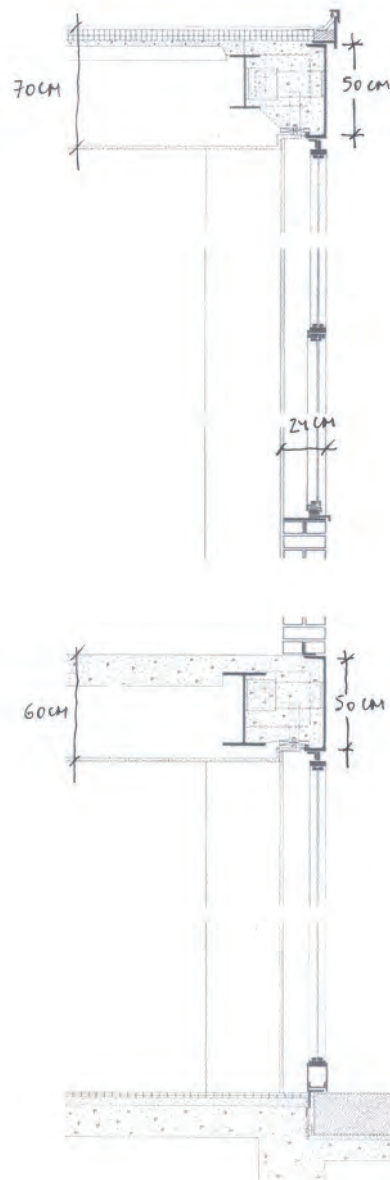
Alumni Memorial Hall en construcción. Subestructura de acero por delante de la verdadera estructura. Fuente: CARTER, Peter. *Mies van der Rohe trabajando*. Phaidon, London, 2006.

FIGURA IV.2-99

Planta de detalle del cerramiento del Alumni Memorial Hall. Cotas del autor sobre planimetría de MvdR. Fuente: BLASER, W. *Mies*. IIT Campus. Birkhäuser, Berlín, 2002

FIGURA IV.2-100

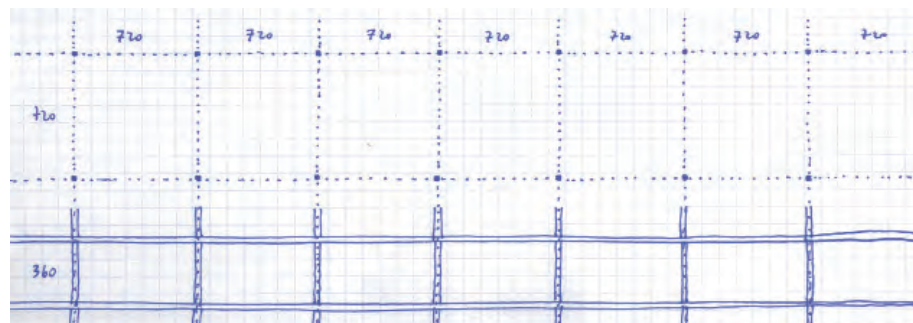
Sección de detalle del cerramiento del Alumni Memorial Hall. Cotas del autor sobre planimetría de MvdR. Fuente: BLASER, W. *Mies van der Rohe*. IIT Campus. Birkhäuser, Berlín, 2002

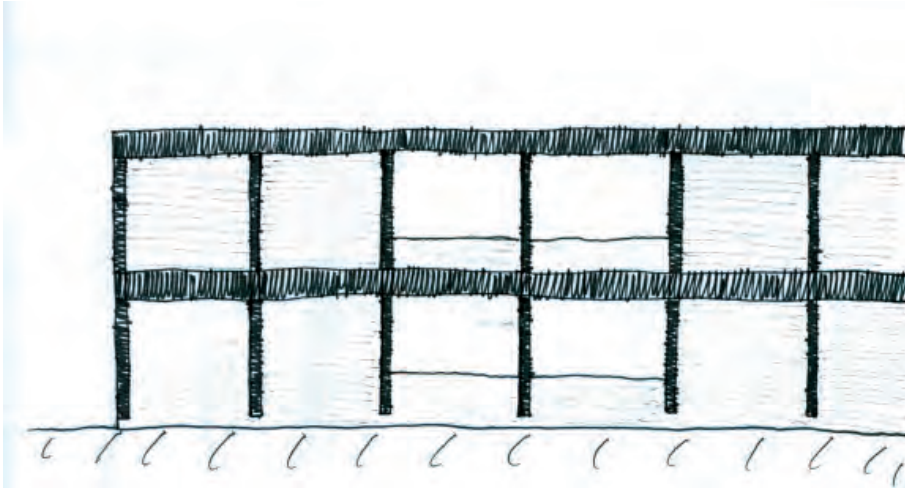


Con este apósto estructural Mies logra dividir el recuadro estructural de 7,20x3,60 metros en dos cuadrados de 3,60x3,60. Convierte una fachada que teóricamente esta conformada por rectángulos, en una fachada conformada por cuadrados. Por eso hablamos de un vestido reticular ocultando la estructura (figuras IV.2-101 y IV.2-102).<sup>22</sup>

FIGURA IV.2-101

Esquema en planta y alzado de la estructura del Alumni Memorial Hall. Vanos estructurales rectangulares de 720X720X360 cm. Dibujo del autor.





Pero Mies no quiere llevar por completo al engaño, y probablemente para hacer evidente esta situación, los perfiles en H de la subestructura no llegan por completo al suelo, sino que a pocos cm de tocarlo desaparecen tras un plinto de ladrillo. Esto se puede interpretar de dos maneras. O bien como un rasgo de honestidad estructural, o bien como un efecto ilusorio. Como fingiendo que los pilares no llegan al suelo (figuras IV.2-103 y IV.2-104).

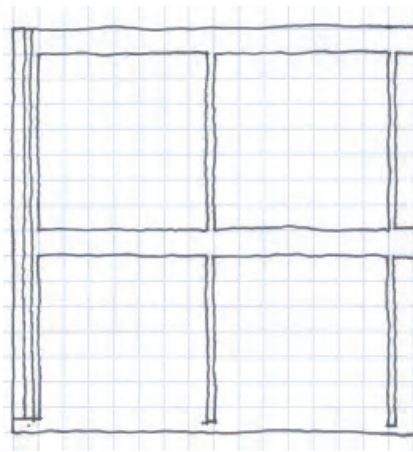


FIGURA IV.2-103 y IV.2-104  
Alumni Memorial Hall. Pilares de la subestructura que no llegan al suelo. Fotografía y dibujo del autor.

La subestructura de acero que se coloca por delante de la estructura llega también al pilar de esquina, y dobla la esquina en perfecta simetría. Los perfiles en H se disponen simétricamente respecto al pilar de esquina, cuyo vértice asoma protegido por una chapa de acero, haciendo de eje de simetría. También en la base del pilar de esquina los perfiles de la subestructura se interrumpen, sin llegar a tocar el suelo (figuras IV.2-105 a IV.2-108).

Queríamos insistir en que ni estructuralmente ni constructivamente estos perfiles de la subestructura son necesarios. Incluso las particiones interiores, en su mayoría evitan acometer contra ellos. Pero esta manera de traer la subestructura a la fachada se convirtió en una especie de firma de Mies en el Campus. Lo que está claro es que el

FIGURA IV.2-102  
Alzado del Alumni Memorial Hall. El vestido reticular parte las luces estructurales y convierte los vanos rectangulares en vanos cuadrados. Dibujo del autor.

22  
En realidad, tenemos dos antecedentes en los que Mies parte la luz estructural rectangular. El edificio de Administración para la Industria de la Seda en Krefeld, 1937, (figura IV.2-g) y los bloques de diez plantas de la remodelación de la Alexanderplatz, Berlín, 1928 (figura IV.2-h). En Krefeld, los montantes de la carpintería se colocan a eje con la estructura, que sigue a la vista. En Berlín sin embargo la estructura desaparece tras la subestructura.

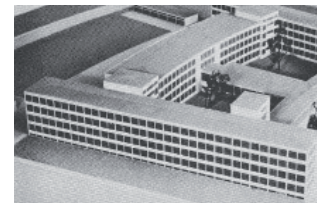


FIGURA IV.2-g. Edificio de Administración para la Industria de la Seda, Krefeld, 1937. Fuente: DREXLER, Arthur. *Ludwig Mies van der Rohe*. George Braziller, Inc, Nueva York, 1960

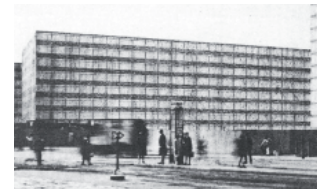


FIGURA IV.2-g. Remodelación de la Alexanderplatz, Berlín, 1928. Fuente: DREXLER, Arthur. *Ludwig Mies van der Rohe*. George Braziller, Inc, Nueva York, 1960

arquitecto no quiere hacernos creer que esos perfiles en H que se muestran en fachada son estructurales, y de ahí el detalle de su interrupción en la base y en la esquina.

FIGURA IV.2-105  
Esquina del Alumni Memorial Hall. Fotografía del autor.



FIGURA IV.2-106 y IV.2-107  
Detalle del pilar de esquina del Alumni Memorial Hall. En el vértice, la chapa de acero negro cubriendo el pilar de hormigón interior. A ambos lados, el perfil de la subestructura sin función estructural. Fotografía del autor.



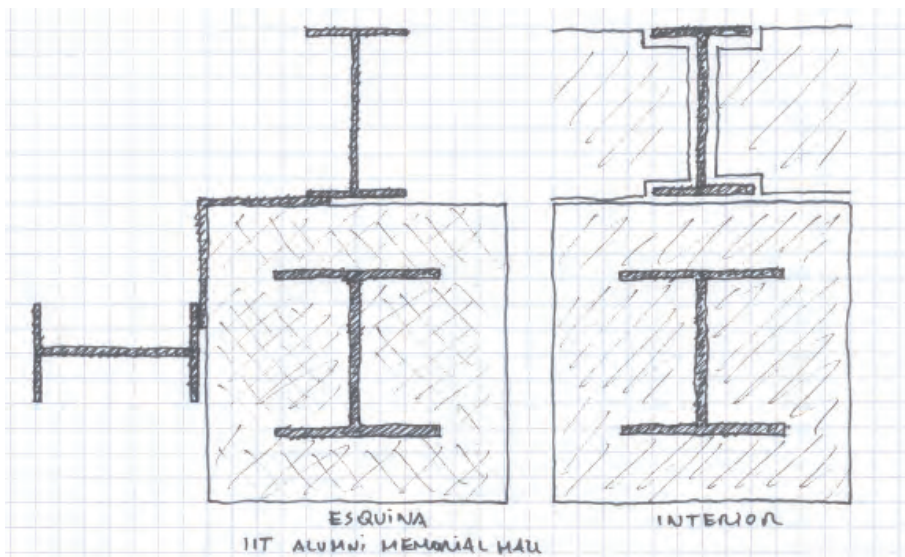


FIGURA IV.2-108  
Alumni Memorial Hall. Relación entre estructura y subestructura. A la izquierda, pilar de esquina. A la derecha, pilar tipo de fachada. Dibujo del autor.

Este tipo de fachada nos demuestra que Mies no es un estricto seguidor del racionalismo estructural. No sólo por la presencia de la subestructura en la fachada, por delante de la estructura, sino también por el tratamiento simétrico de las fachadas y del pilar de esquina en una estructura que sin embargo no es simétrica. No es bidireccional, sino unidireccional. El cerramiento es para Mies una piel que envuelve la estructura pero sin relación estricta con la estructura. En este sentido, la solución del Metals Research Building (figura IV.2-65) sí que es expresiva y coherente con la realidad estructural.<sup>23</sup>

Esta solución de cerramiento como un vestido reticular de la estructura la empleó Mies en otros siete edificios del Campus del IIT:

- El Metallurgical and Chemical Engineering Building, también conocido como el Perlstein Hall, 1945-1946, construido para alojar los programas de metalurgia e ingeniería química, así como oficinas de administración de la Universidad, la oficina presidencial, vicepresidentes y el consejo general (figuras IV.2-109 a IV.2-112).

- El Chemistry Building, también conocido como Whisnick Hall, 1945-1946, construido para alojar los programas de química de la Universidad. (figura IV.2-113)

- La Sede de la Unión de Estudiantes, 1948, proyecto que no llegó a construir.

- El edificio de Administración de la Association of American Railroads, 1948-1950, hoy día empleado como Colegio de Música (figura IV.2-114).

- El Mechanical Engineering Building, 1948-1953, actualmente sede de la Chicago Transit Authority.

- El Electrical Engineering and Physics Building, o Siegel Hall, 1954-1957 (figura IV.2-115).

23.

En el interior, una vez más, la estructura se convierte en ordenadora del espacio. Los tabiques se disponen a eje con los pilares y las vigas. Las vigas de las luces menores quedan ocultas por el falso techo, pero los descuelgues de las vigas del gran espacio a doble altura quedan a la vista.

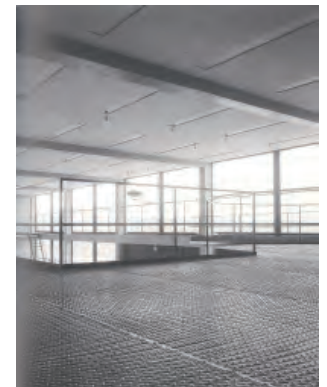


FIGURA IV.2-i  
Interior del Alumni Memorial Hall con las vigas de canto unidireccionales a la vista. Fuente: MERTINS, Detlef. *Mies*. Phaidon Press, Londres, 2014



FIGURA IV.2-ii  
Interior del espacio en doble altura del Alumni Memorial Hall con las vigas de canto unidireccionales a la vista. Fuente: IIT Chicago

- Y por último, el Laboratorio de la Association of American Railroad, 1954-1957.

FIGURA IV.2-109  
Perlstein Hall. Planta acotada por el autor sobre planimetría de Mies.

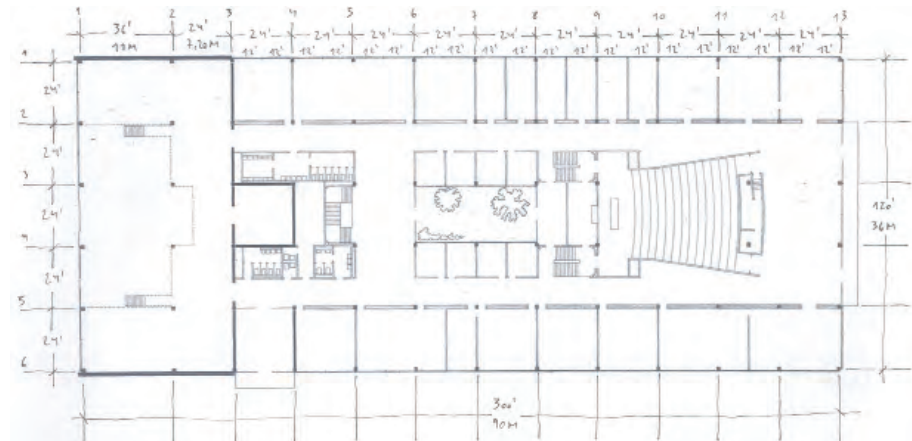


FIGURA IV.2-110  
Perlstein Hall. Imagen exterior que muestra la perfilera de la subestructura por delante de las columnas. Fotografía del autor.



FIGURA IV.2-111  
Perlstein Hall en construcción. Estructura unidireccional, columnas, y subestructura por delante de las columnas y partiendo en dos el vano estructural. Fuente: MERTINS, Detlef. *Mies*. Phaidon Press, Londres, 2014



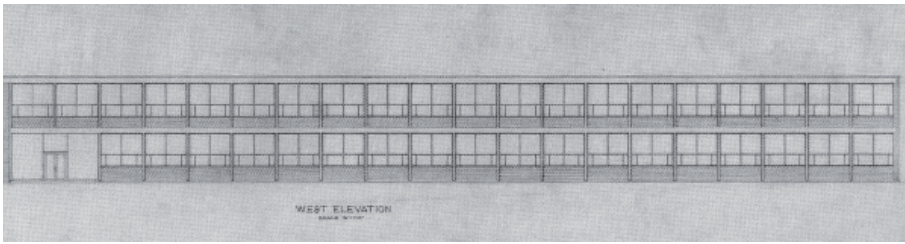


FIGURA IV.2-112  
Alzado parcial del Perlstein Hall. Fuente: MERTINS, Detlef. *Mies*. Phaidon Press, Londres, 2014

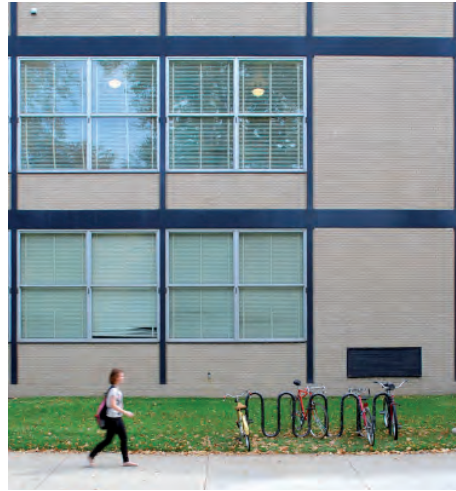


FIGURA IV.2-113  
Whisnick Hall. Subestructura de acero y plementería de ladrillo macizo ocultando la estructura. Fotografías del autor.



FIGURA IV.2-114  
Colegio de Música del IIT. Subestructura de acero y plementería de ladrillo macizo ocultando la estructura. Fuente: internet



FIGURA IV.2-115  
Siegel Hall. Sus dimensiones, sistema de cerramiento y estructura son similares a los del Whisnick Hall. Fuente: internet

#### IV.2.6. ESTRUCTURA OCULTA. VESTIDO VERTICAL

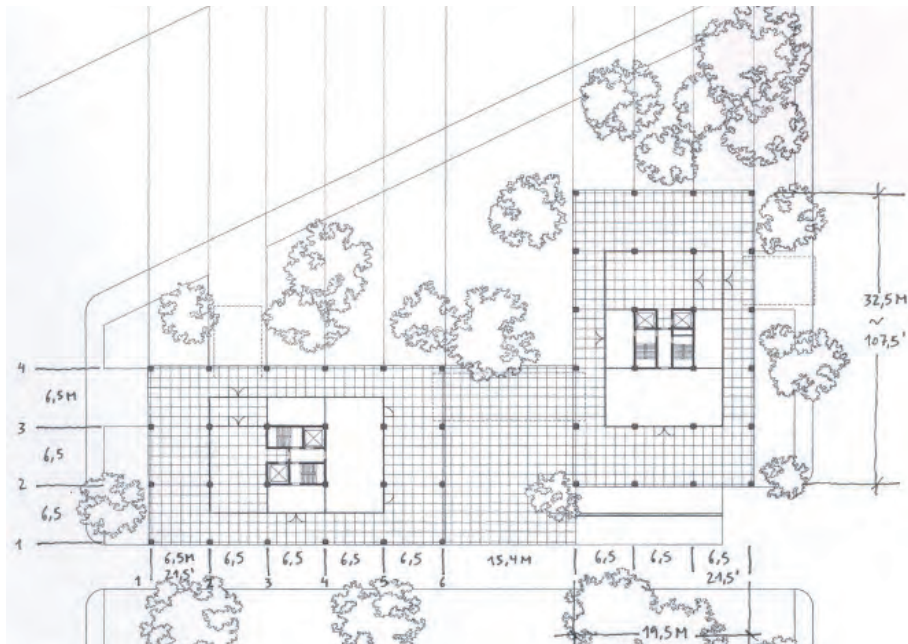
Dentro de la serie de estructuras ocultas de Mies vamos a terminar con el vestido vertical. En sus torres, Mies empleó fundamentalmente tres soluciones.

- La solución de estructura vista con columnas escalonadas de hormi-gón, como vimos en los Promontory Apartments (figura IV.2-47).
- La solución de estructura revestida por subestructura, en los Aparta-mentos Lake Shore Drive.
- Y la solución de estructura revestida por un muro cortina, que aplicó por primera vez en los Apartamentos de 900 Esplanade, anexos a los Lake Shore Drive, pero que es conocida sobre todo por el Seagram Building de Nueva York.

FIGURA IV.2-116  
Lake Shore Drive Apartments.  
Fuente: BLASER, Werner. *Mies van der Rohe. Lake Shore Drive Apartments*. Birkhäuser, Berlín, 1999



FIGURA IV.2-117  
Lake Shore Drive Apartments.  
Planta general. Cotas del autor sobre planimetría de Mies.

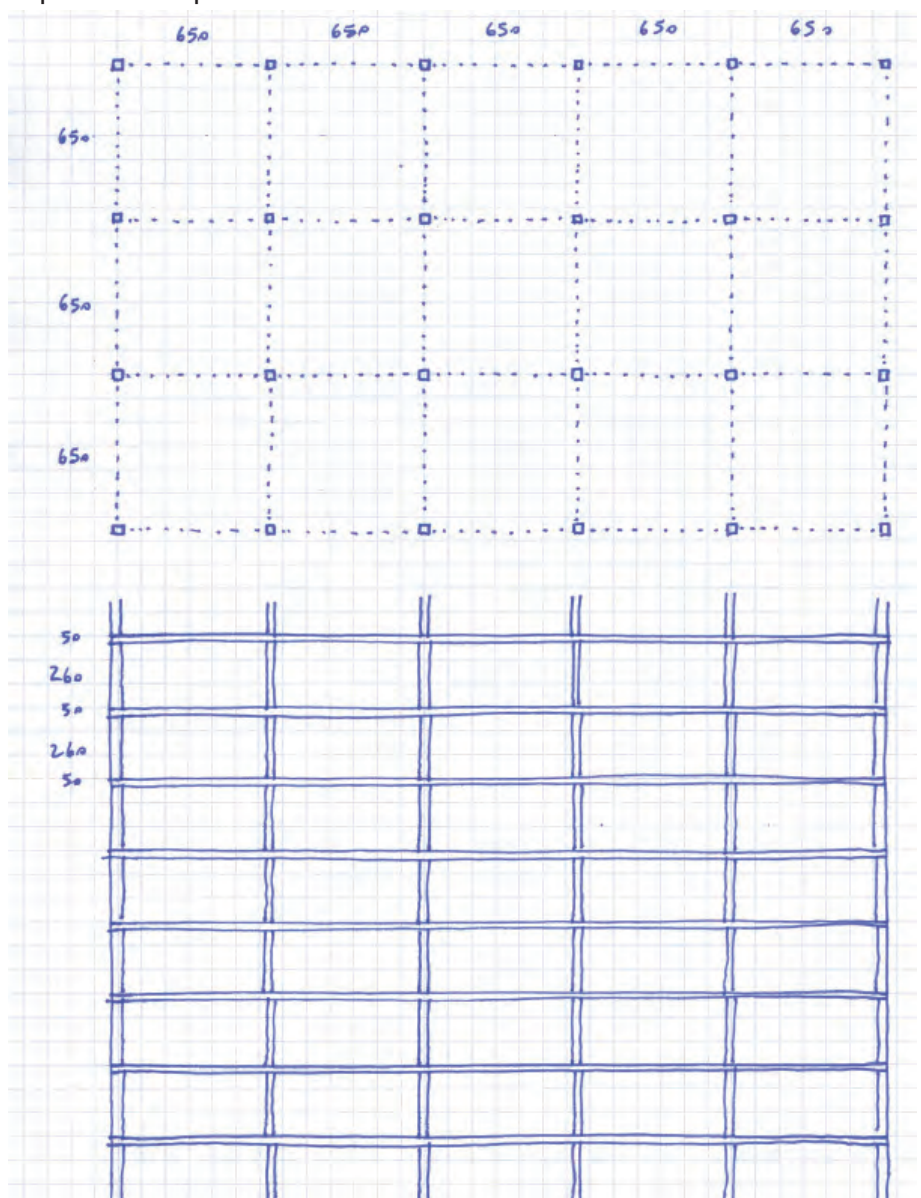


#### IV.2.6a. SUBESTRUCTURA DE MAINES VERTICALES

Las primeras torres de acero de Mies fueron las torres de Apartamentos en el número 860-880 de Lake Shore Drive, dos torres de veintiseis plantas, aproximadamente 82 metros de altura, frente al gran Lago Michigan de Chicago, 1948-1951 (figuras IV.2-116 y 117).

La estructura está formada por columnas de acero en I recubiertas de hormigón, y forjados de acero con chapa colaborante, también recubiertos de hormigón para quedar protegidos frente al fuego. La retícula de pilares es cuadrada, con una dimensión de 6,5 x 6,5 metros, muy similar al ancho de crujía de la casa Farnsworth. Según la descripción de Peter Carter,<sup>24</sup> para edificios de menos de 30 plantas Mies no empleaba refuerzos especiales para resistir al viento, ya que para edificios de este tamaño es estructuralmente factible y económico transferir la fuerza del viento a los cimientos reforzando el armazón mediante un diseño óptimo de las conexiones entre pilares y vigas (figura IV.2-118).

La planta de la torres es rectangular, de 5x3 módulos, y ambas están relacionadas por los ejes de la estructura, dibujando entre ellas una especie de L que delimita la zona exterior de acceso.



24. CARTER, Peter. *Mies van der Rohe trabajando*. Phaidon Press Limited, London, 2006.

FIGURA IV.2-118  
Estructura de los Lake Shore Drive Apartments. Dibujo del autor.

En la fachada, la estructura queda protegida y recubierta por unas planchas de acero que se pintan en color negro. El cerramiento, de vidrio transparente con carpintería de aluminio, se dispone en la cara exterior de la estructura, rellenando los recuadros que conforman los pilares y los forjados. Y por fuera, Mies dispone una subestructura de perfiles de acero también en color negro, perfiles en I de 20x12 cm que recorren toda la fachada, desde la planta primera hasta la coronación, y que verticalizan la imagen de la torre. La subestructura, que en el Alumni Memorial Hall iba enrasada con el cerramiento de ladrillo, aquí se libera, y da un paso hacia delante (figuras IV.2-119 a IV.2-125).

FIGURA IV.2-119  
LSD Apartments. Planta tipo con distribución de viviendas y acotación de los maineles de la subestructura. Cotas del autor sobre planimetría de Mies.



FIGURA IV.2-120  
LSD Apartments. Detalle de cerramiento. Fuente: BLASER, Werner. *Mies van der Rohe. Lake Shore Drive Apartments*. Birkhäuser, Berlín, 1999

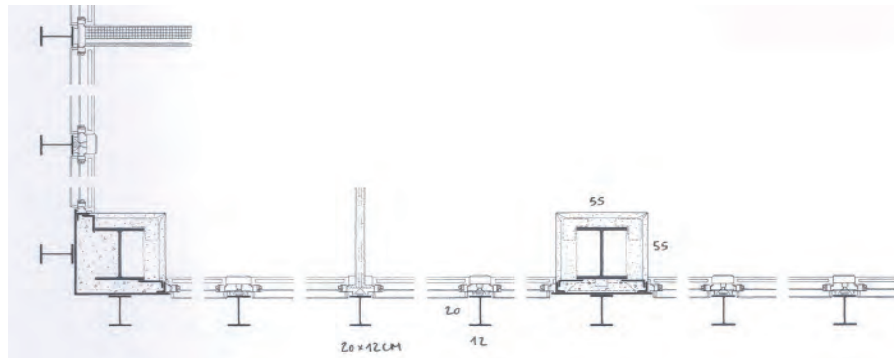
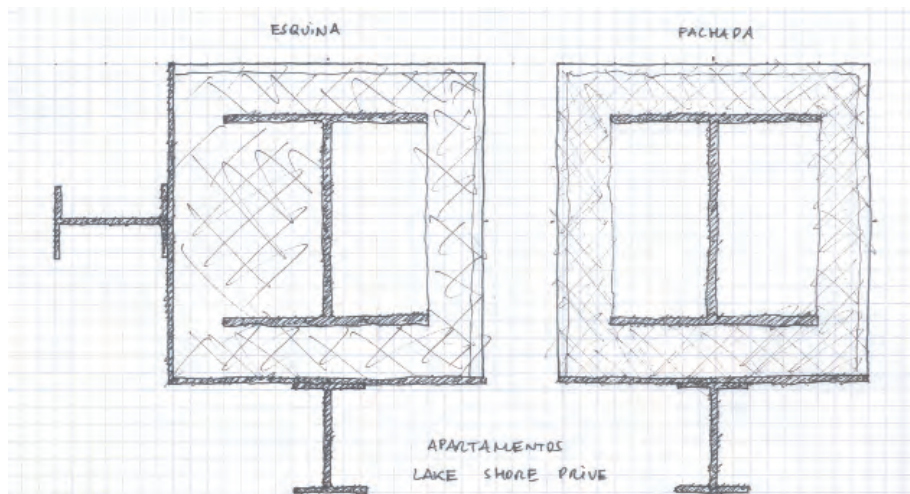


FIGURA IV.2-121  
LSD Apartments. Detalle de pilar de esquina y pilar tipo de fachada. La subestructura por delante de la estructura. Dibujo del autor.



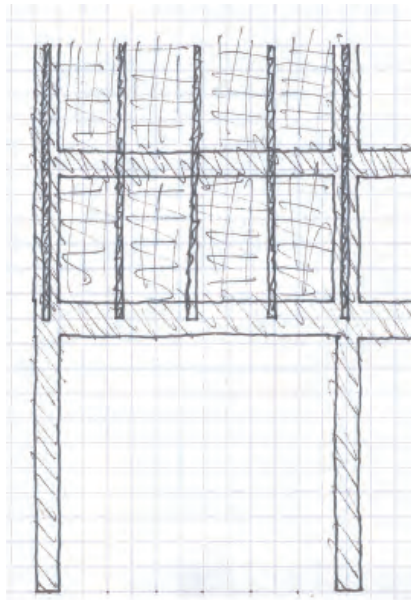
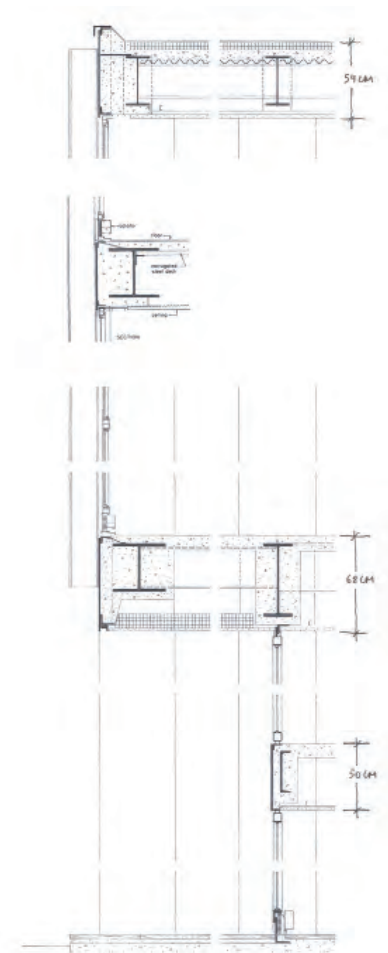


FIGURA IV.2-122, izquierda  
LSD Apartments. Sección  
constructiva. Fuente: BLASER,  
Werner. *Mies van der Rohe.*  
*Lake Shore Drive Apartments.*  
Birkhäuser, Berlín, 1999

FIGURA IV.2-123, derecha  
LSD Apartments. Alzado. La  
subestructura por delante de la  
estructura verticaliza los vanos  
estructurales. Dibujo del autor.



FIGURA IV.2-124, derecha  
Detalle de pilar de esquina.  
Fotografía del autor.

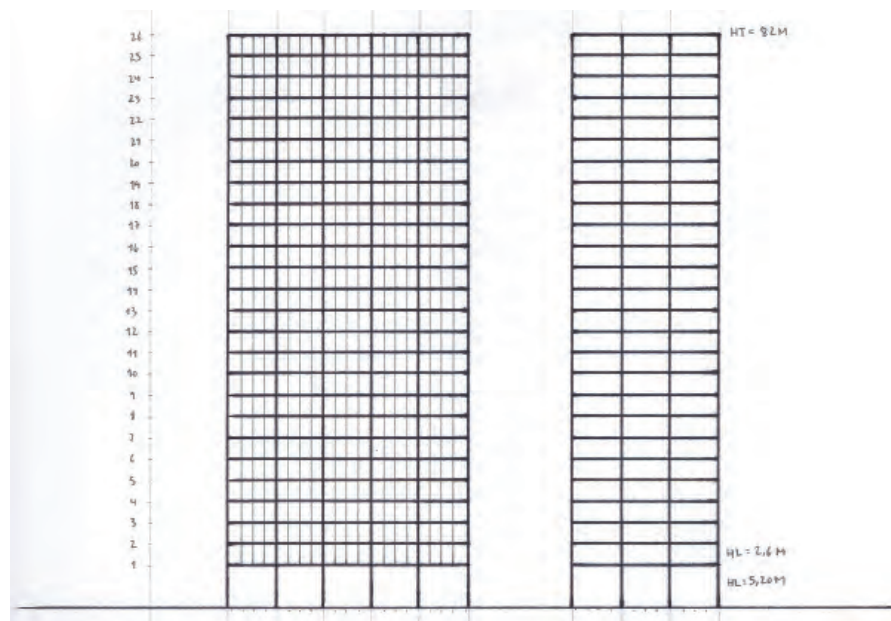


FIGURA IV.2-125  
Detalle de fachada. La sub-  
estructura en relieve respecto al  
plano de fachada. Fotografía  
del autor.

El rectángulo horizontal que forman pilares y forjados (siendo la base de ese rectángulo 6,5 metros, es decir, la distancia entre columnas, y la altura del rectángulo 2,6 metros, la distancia entre forjados) se subdivide por el empleo de esta subestructura en cuatro rectángulos verticales de 1,625 x 2,6 metros. (Mies hace estas divisiones a eje, de manera que las dos ventanas centrales resultan un poco más anchas que las laterales, ya que a éstas tiene que restarle la anchura de los pilares) (figura IV.2-126).

FIGURA IV.2-126

LSD Apartments. Alzado de las dos torres. En la torre de la izquierda se han dibujado los maineles verticales de la subestructura. En la torre de la derecha se dibuja sólo la estructura. Dibujo del autor.



25. BLAKE, Peter. The master builders. *Mies van der Rohe and the mastery of structure*. W.W.Norton & Company, Inc., Nueva York, 1996. 1ª Edición 1976.

Peter Blake<sup>25</sup> explica cómo gracias a esta subestructura el esqueleto de rectángulos horizontales se verticaliza. La voluntad de una torre es la verticalidad, pero los recuadros horizontales de la estructura pueden ir en contra de esa verticalidad. Mies empleó las vigas en I como raíles continuos distribuidos por todo el exterior de la fachada, muy próximos entre sí. Un elemento estructural como ornamento aplicado. Y la razón de este elemento estructural es puramente visual. Mies emplea esta decoración en acero aplicada sobre la auténtica estructura porque siente que la verticalidad de la torre debía quedar claramente expresada en las fachadas. Y porque veía que la proporción de la estructura real no garantizaba esa verticalidad (figuras IV.2-127 a IV.2-129).

Aparte de esa búsqueda verticalidad, este juego de perfiles aplicados al cerramiento le otorga a la fachada una mayor plasticidad, pues interrumpen la planeidad del cerramiento de vidrio. Así, al movernos alrededor de las torres hay un cambio en nuestra percepción. Si miramos frente a frente a las torres podemos ver en su verdadera dimensión la retícula estructural, la de la subestructura, y los huecos de vidrio. Pero en las perspectivas oblicuas la perfilaría de la subestructura va ocultando al vidrio. Mies probablemente pretendía dotar a las torres de una mayor riqueza visual. Lo que ya antaño persiguiera con los juegos de reflejos de sus rascacielos de vidrio de los años 20. Evitar la monotonía visual, en este caso con el empleo de la subestructura de acero, sin función estructural ninguna. Es la idea de la trascendencia del perfil de acero. Desprovisto de su función estructural se convierte en un elemento, si se nos permite la expresión, plástico (figuras IV.2-130 y 131).



FIGURA IV.2-127  
LSD Apartments. Detalle de  
fachada. Fotografía del autor.



FIGURA IV.2-128  
LSD Apartments. Detalle de  
fachada. Fotografía del autor.

FIGURA IV.2-129  
LSD Apartments. Detalle de fachada. Fotografía del autor.

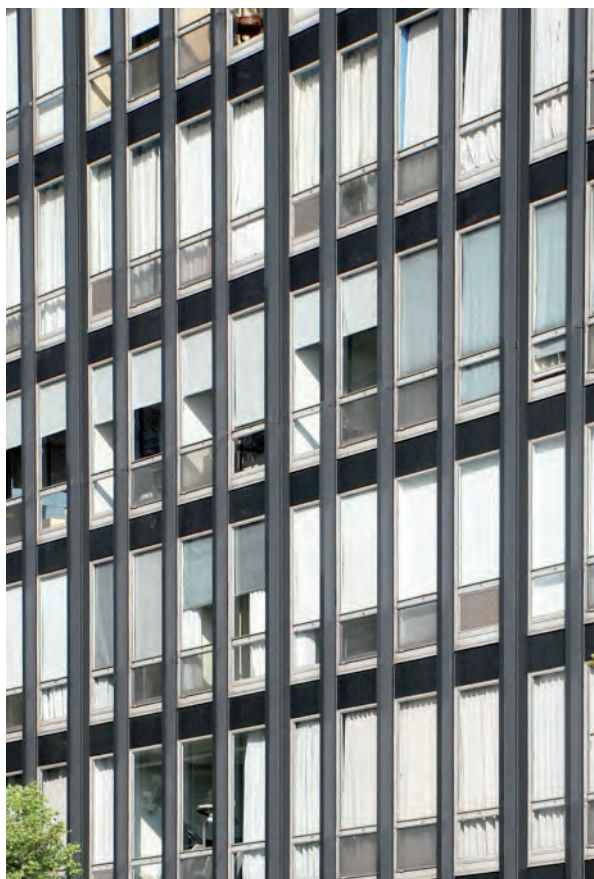


FIGURA IV.2-130  
LSD Apartments. Detalle de fachada. Fotografía del autor.





FIGURA IV.2-131  
LSD Apartments. Vista en es-  
corzo de la fachada lateral.  
Subestructura en relieve y jue-  
go de luz y sombra. Fotografía  
del autor.

26.  
Mies van der Rohe's New Buildings. Fuente: *Architectural Forum* 97. 1952.

¿Qué hubiera sido de estas torres sin la intervención de la subestructura? El propio Mies<sup>26</sup> dirá que colocó estas vigas por fuera porque sin ellas el edificio no estaba bien.

*“Era muy importante conservar y extender el ritmo creado por los perfiles de los montantes al resto del edificio. Nos dimos cuenta de ello al mirar la maqueta sin que el perfilado estuviera colocado sobre el pilar angular, y no tenía un aspecto correcto.”*

Aquí nos da Mies un ejemplo más de que no concibe la arquitectura con un radical racionalismo estructural. Que hay un algo más, una estética que está por encima de la estricta y escrupulosa función. En cuanto a qué hubiera sido de estas torres sin la subestructura, la respuesta la tenemos en las imágenes en construcción, cuando la subestructura no ha cubierto por completo los recuadros horizontales de la estructura (figura IV.2-132). La subestructura no sólo verticaliza los recuadros de la estructura, y con ellos, la propia torre, sino que también aporta una reverberación de luz y, a pesar de restar transparencia a la torre, le permite huir de la fachada estrictamente plana.

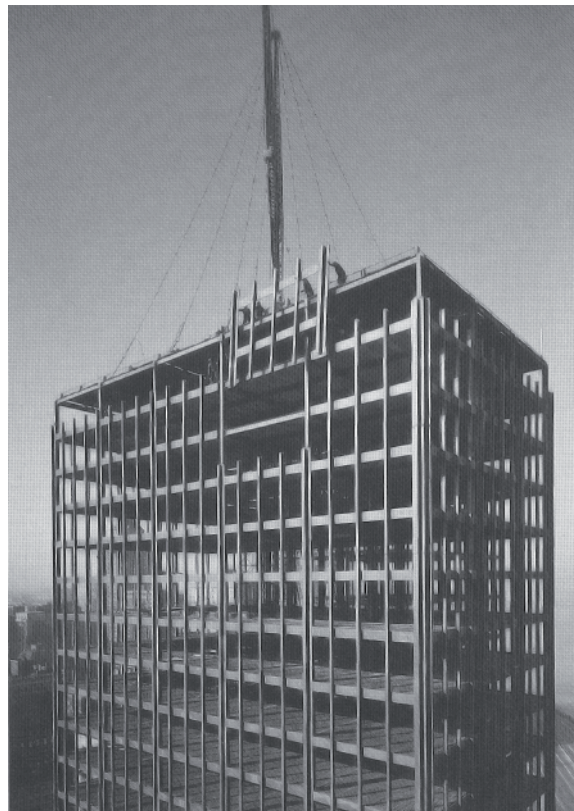
FIGURA IV.2-132  
LSD Apartments en construcción. Fuente: BLASER, Werner. *Mies van der Rohe. Lake Shore Drive Apartments*. Birkhäuser, Berlín, 1999

27.  
JOHNSON, Philip. *Mies van der Rohe. The Museum of Modern Art*, New York, 1978.

28.  
Mies volvió a utilizar el sistema de cerramiento de las Lake Shore Drive en dos proyectos, aunque ninguno de los dos se llegó a construir. Los apartamentos Berke, en Indianapolis, 1952-1953; y la solución número 2 de los Battery Park Apartments, en Nueva York, 1957-1958.



FIGURA IV.2-k  
Berke Apt. Fuente: SCHULZE, Franz. *The Mies van der Rohe Archive*. Museum of Modern Art, Nueva York, 1992



También la relación entre las dos torres, una girada respecto a la otra, asimétricas, es una manera de enriquecer su imagen visual, pues nunca la visión de las dos torres se repite, como bien destaca Philip Johnson.<sup>27</sup> Esto no hace más que reforzar la idea de que para Mies era fundamental que la visión en conjunto de las dos torres nunca fuera monótona.<sup>28</sup>

En el interior de los apartamentos, sin embargo, la apariencia de la estructura es muy neutra, forrada de blanco y recibiendo las particiones interiores. Nada que ver con la tensión y la vibración de la fachada (figuras IV.2-133 a IV.2-135).



FIGURAS IV.2-133 a 135  
LSD Apartments. Imágenes  
interiores de un apartamento.  
Pilares neutros, revestidos y en  
color blanco. Fuente: CARTER,  
Peter. *Mies van der Rohe traba-  
jando*. Phaidon Press Limited,  
London, 2006.

#### IV.2.6b. MURO CORTINA CON MAINELES VERTICALES

Pocos años después, entre 1953 y 1956, Mies pone en pie las torres de apartamentos en el 900 de Esplanade, un solar adyacente al de las torres de Lake Shore Drive (figura IV.2-136).

FIGURA IV.2-136  
Apartamentos en 900 Esplanade,  
Chicago, 1953-1956. Dos torres  
de 29 plantas, con estructura  
reticular cuadrada de crujía tipo  
21'x21', 6.5 x 6.5 metros. Una de  
las torres tiene 5x3 módulos, la  
otra 10x3 módulos. Por temas de  
presupuesto la parte baja de las  
torres se soporta con estructura  
de acero, y la superior con hormi-  
gón armado, más barato.  
Fotografía del autor.



La evolución en el tratamiento del cerramiento exterior es evidente. Si en Lake Shore Drive la subestructura da un paso hacia delante, colocándose por delante de la estructura sin ocultarla por completo, en las torres de Esplanade Mies construye por primera vez un muro cortina colgado de la estructura. Un muro cortina formado de acero y cristal que oculta la estructura. En esta ocasión el muro cortina es de aluminio anodizado negro, y el vidrio se tinte de gris oscuro. La situación adelantada del muro cortina le permitió resolver la impulsión de aire acondicionado en fachada. Pero Mies recupera la lección aprendida en Lake Shore Drive, y vuelve a colocar en su muro cortina una subestructura en relieve, formada por maineles de aluminio en I, que verticalizan la forma, y que modifican la percepción de la torre según la posición del observador (figuras IV.2-137 a IV.2-140).

Si en las torres de Lake Shore Drive la trama de la estructura permanecía en un segundo plano por detrás de los maineles de la subestructura, en Esplanade la estructura desaparece. El muro cortina unifica la imagen de la torre, y borra la trama estructural (figuras IV.2-141 y IV.2-142).

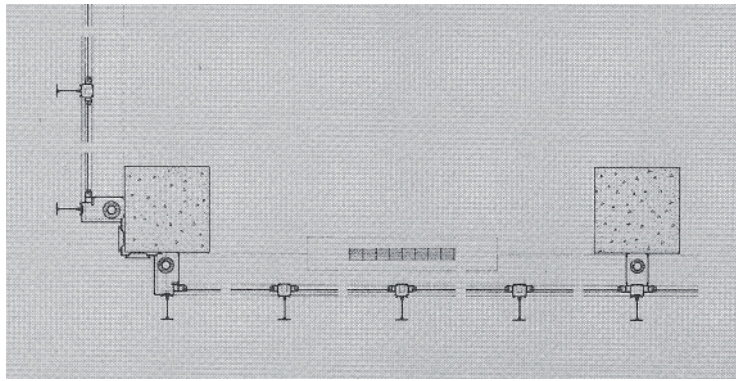
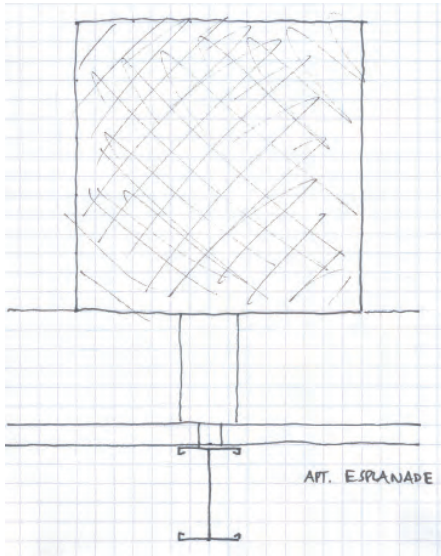


FIGURA IV.2-137  
 Esplanade Apt. Muro cortina de aluminio y vidrio colgado de la estructura. Fuente: SCHULZE, Franz. *The Mies van der Rohe Archive*. Museum of Modern Art, Nueva York, 1992



FIGURAS IV.2-138 y 139  
 Esplanade Apt. Detalle de pilar y detalle de esquina. Dibujo y fotografía del autor.



FIGURAS IV.2-140  
 Esplanade Apt. Detalle de fachada en primer plano y en segundo plano. Fotografía del autor.

FIGURA IV.2-141

A la izquierda, cerramiento tipo de Esplanade Apt. A la derecha, cerramiento tipo de LSD Apt. El muro cortina de Esplanade oculta la estructura a la par que acentúa la verticalidad de la forma. Dibujos del autor.

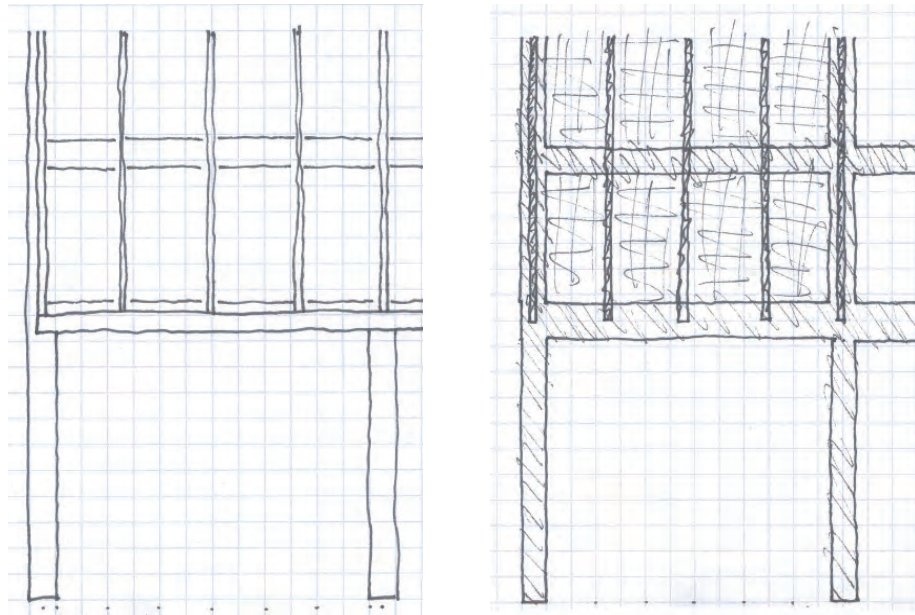


FIGURA IV.2-142

En primer plano, cerramiento de las Esplanade Apt. Al fondo, cerramiento de las LSD Apt. Fotografía del autor.



El sistema de muro cortina con maineles verticales ocultando la estructura fue el más empleado por Mies en sus torres. Si la solución de Lake Shore Drive la empleó en tres de sus proyectos, la solución de Esplanade, con algunas variantes, la llegó a emplear en 21 proyectos de torres.

- 1953. Apartamentos en 1300 de Lake Shore Drive. Chicago.
- 1953-1956. Apartamentos en 900 Esplanade. Chicago
- 1953-1956. Commonwealth Promenade Apartments. Chicago
- 1954-1958. Seagram Building. Nueva York
- 1955-1963. Torres de apartamentos de Lafayette Park, Detroit
- 1957-1959. Quadrangles Apartments. Brooklyn. Torre tipo 2
- 1957-1958. Battery Park Apartment Development. Nueva York.  
Solución 1
- 1957-1959. Seagram Office Building. Chicago.
- 1958. Marina Site Apartments. San Francisco.
- 1958. Rimpau Site. Los Angeles.
- 1958-1960. Pavilion Apartments y Colonnade Apartments.  
Colonnade Park. Newark
- 1959. Brookfarm Apartments. Brookline. Massachusetts.
- 1959-1964. Torres del Federal Center. Chicago
- 1960-1963. One Charles Center. Baltimore
- 1960-1963. 2400 Lakeview Apartments. Chicago
- 1963-1969. Toronto Dominion Center
- 1964-1966. Foster city apartments
- 1964-1968. Westmount square, Montreal.
- 1966-1969. Torre IBM, Chicago
- 1967. Torre de Londres
- 1967-1969. East wacker drive, Chicago

FIGURA IV.2-143  
Edificio Seagram, Nueva York,  
1954-1958.

Una torre de treinta y nueve plantas sobre rasante más dos plantas de sótano. La más alta que había hecho Mies hasta el momento. La altura aproximada es 160 metros, unos 520'. La torre se asienta sobre un podio horizontal de granito gris rosáceo, de unos 60 x 90 metros, que resuelve los desniveles de las calles circundantes, y se retranquea respecto a la calle principal, Park Avenue, unos treinta metros, de manera que puede ser contemplada fácilmente desde las aceras que la flanquean. Con este espacio previo se trata de realzar la presencia de la torre, a la vez que se aporta una plaza pública a la ciudad.

En sus primeras plantas la torre tiene planta de H, y a medida que va creciendo en altura se va liberando de edificabilidad, hasta llegar a la característica torre rectangular miesiana de 5x3 módulos, con un apósito rectangular de 1x3 módulos. El módulo estructural es un cuadrado de 28'x28', aproximadamente 8.5 x 8.5 metros. La dimensión de la planta tipo es pues 25,5 x 42,5 metros.

FUENTE: ZIMMERMAN, Claire.  
*Mies van der Rohe. La estructura del espacio.* Editorial Taschen, Köln, 2006

El rascacielos que más proyección tuvo fue el edificio Seagram en Nueva York, inaugurado en 1958 (figura IV.2-143).



La estructura es de acero ignífugo recubierto de hormigón, desplegada en una retícula cuadrada, tal y como hemos comentado, con un núcleo de refuerzo en el que se alojan los ascensores, de 25,5 x 8,5 metros (figura IV.2-144).

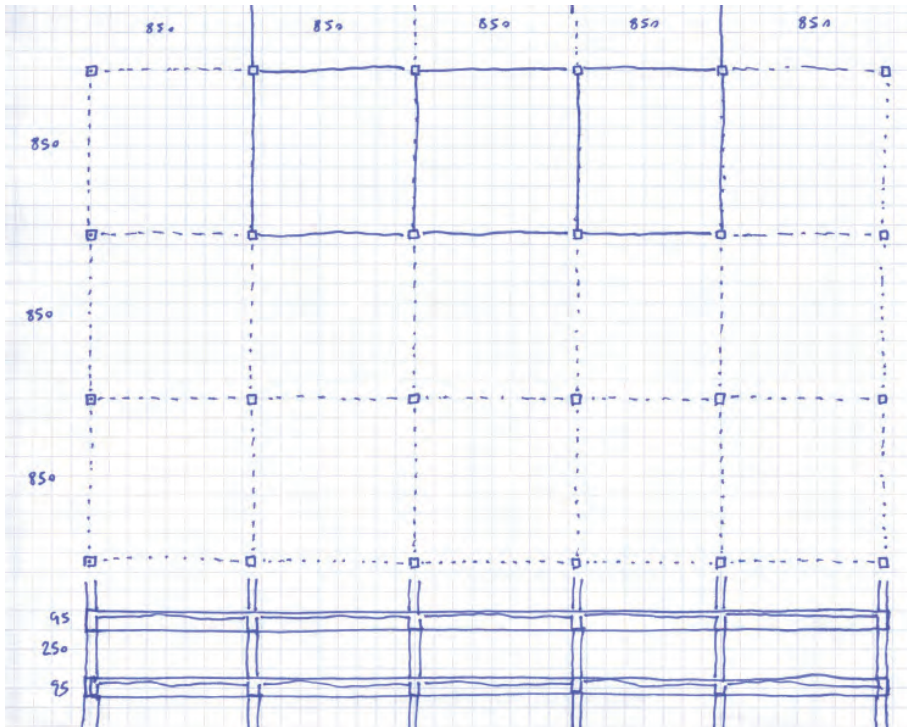
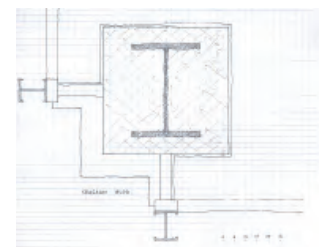
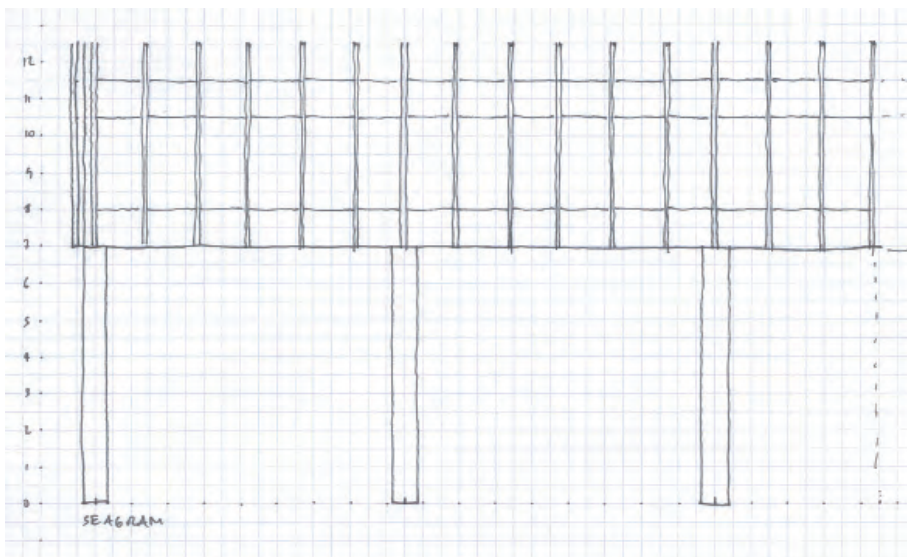


FIGURA IV.2-144  
Esquema estructural de la Torre Seagram. Dibujo del autor

El cerramiento es un muro cortina colgado de la estructura, y separado de ésta unos 30 cm. Y por delante del muro cortina, de cristal tintado color bronce, una subestructura sobrepuesta de bronce, compuesta por perfiles en I de 16 cm de alma y 12 cm de ala, dispuestos cada 140 cm (figuras IV.2-145 y IV.2-146). Un revestimiento que oculta la estructura situándose por delante.



FIGURAS IV.2-145, izquierda, y IV.2-146, arriba.  
El vestido de maineles verticales del Seagram. Alzado y detalle de pilar de esquina con el cerramiento colgado de la estructura. Dibujos del autor

La solución del cerramiento, como ya vimos en las torres Esplanade, unifica la imagen de la torre. Le da unidad, y a la vez una mayor riqueza visual. Una especie de reverberación visual que hace que la imagen de la torre vaya cambiando cuando nos movemos a su alrededor (figuras IV.2-147 y IV.2-148). Sólo en la planta baja, de unos siete metros de altura libre, los pilares quedan liberados, con el cerramiento de vidrio retranqueado. Sólo en la planta baja la presencia de los pilares adquiere una cierta monumentalidad.

FIGURAS IV.2-147, izquierda, y IV.2-148, página derecha.

El cambio en la percepción de la torre según la posición del espectador. Los maineles verticalizan la forma de la torre y a la vez evitan la monotonía visual, no sólo por el juego de luces y sombras, sino por el juego de opacidad y transparencia. Fotografías del autor





#### IV.2.6c. MAINES VERTICALES EN EDIFICIOS HORIZONTALES

Curiosamente, Mies no sólo empleó una subestructura de maines verticales en sus torres. También en edificios de proporción horizontal, vemos cómo coloca delante de la estructura o en paralelo a ella una perfilera sin función estructural. Y lo hace de dos maneras, que están muy claramente reflejadas en el Edificio Bacardi de Ciudad de México (figuras IV.2-149 a IV.2-154) y en la Caja de Ahorros de Des Moines (figuras IV.2-155 a IV.2-158).

En México, tanto la estructura como la subestructura se colocan por delante del cerramiento. En Des Moines, la solución es muy parecida a los Lake Shore Drive Apartments. El cerramiento de vidrio se coloca a haces exteriores de la estructura, y por delante, los perfiles verticales de la subestructura sin función estructural. Y en los dos casos, los recuadros que forma la estructura en fachada, rectángulos de proporción horizontal, se descomponen en rectángulos de proporción vertical. Ya no se trata sin embargo de acentuar la verticalidad de la forma, como en los torres, sino de acelerar el ritmo de perfiles en la fachada, a la vez que se sigue jugando con la vibración de la luz y la sombra, y con el continuo cambio de las fachadas en función del punto de vista del observador. Pero esa aceleración del ritmo de columnas no es nueva. Ya veíamos al principio de esta tesis, cómo Vitruvio hablaba de los tipos de templo según la proporción de los intercolumnios (figura II.5).

La solución de Bacardi México también la empleó Mies en otro proyecto que no se llegó a construir, el Edificio de Administración Friedrich Krupp. en Essen, 1960-1963.

La solución de la Caja de Ahorros de Des Moines la aplicó en otros cinco edificios: El Consulado de los Estados Unidos en Sao Paulo, 1957-1962, proyecto que no se llegó a construir; el Meredith Memorial Hall, Drake University, Des Moines, 1962-1965; el edificio de Administración y Servicios Sociales de la Universidad de Chicago, 1962-1965; el Centro de Ciencias de la Duquesne University, Pittsburgh, 1962-1968; y por último, la Biblioteca Martin Luther King, en Washington, 1965-1972.

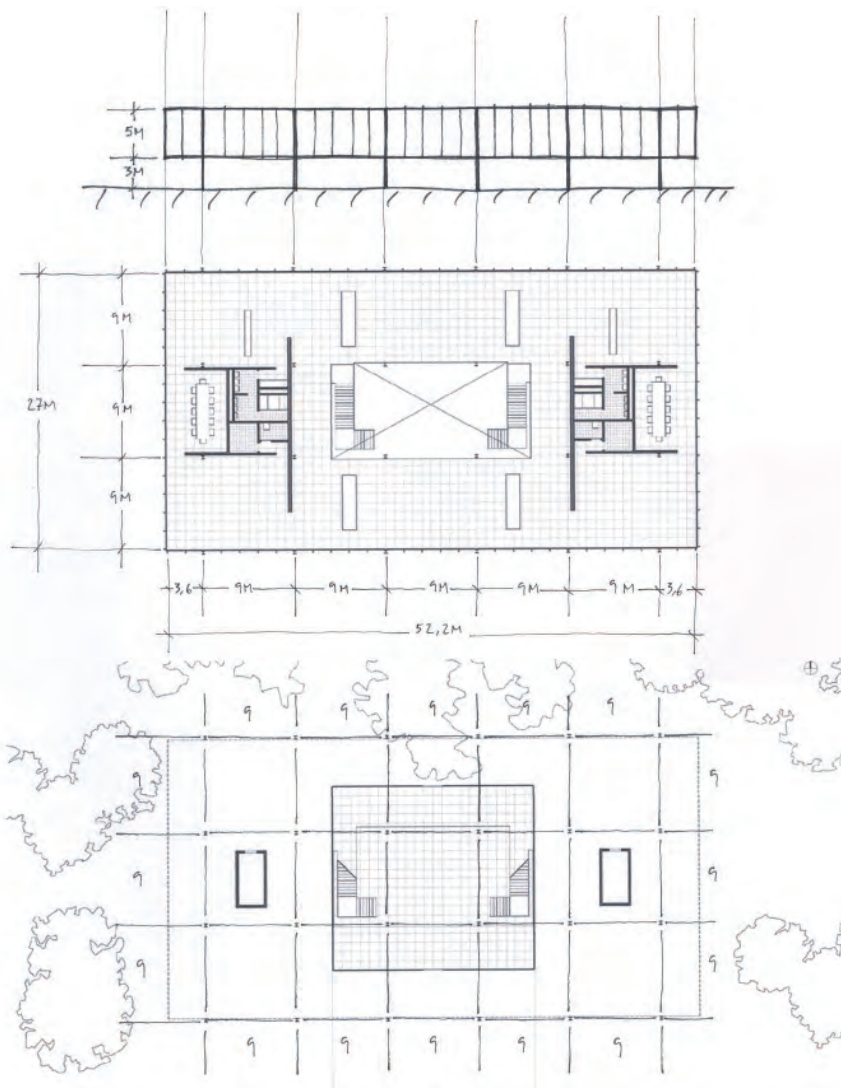


FIGURA IV.2-149  
Edificio de oficinas Bacardi,  
Ciudad de México, 1957-1961.  
Dibujos del autor sobre plani-  
metría de Mies.

Caja rectangular de 52 x 27 metros y 5 metros de altura, elevada tres metros del suelo y sustentada por una estructura reticular de acero. El módulo de la estructura es de 9 x 9 metros, con sendos voladizos en la fachada longitudinal de 3,6 metros. En la fachada longitudinal los pilares se sitúan por delante del cerramiento de vidrio, alineados con los maineles de la subestructura dispuestos cada 1,8 metros. En las fachadas laterales la estructura queda retranqueada 3,6 metros respecto del cerramiento, compuesto por la carpintería de acero y vidrio, y los maineles verticales, perfiles en H de 200x100 mm. En planta baja las columnas quedan liberadas, gracias al retranqueo del cerramiento de vidrio del vestíbulo.

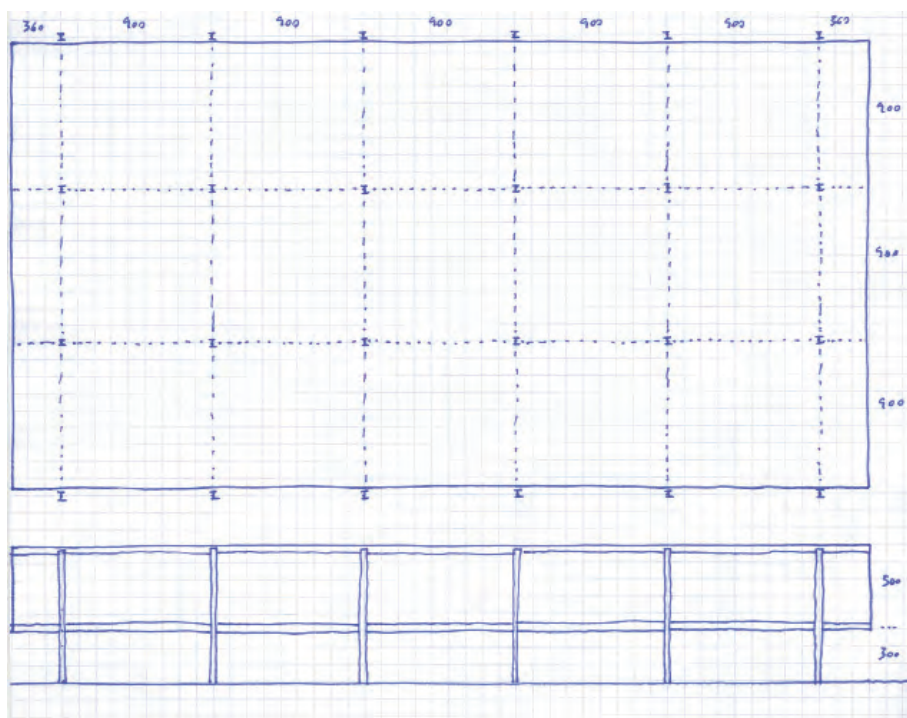


FIGURA IV.2-150  
Edificio de oficinas Bacardi,  
Ciudad de México, 1957-1961.  
Esquema de la estructura en  
planta y alzado de la estructura  
sin subestructura, mostrando  
los vanos estructurales de pro-  
porción horizontal. Dibujos del  
autor

FIGURA IV.2-151  
Edificio de oficinas Bacardi,  
México. Detalle de cerramiento.  
Cotas del autor sobre planimetría de Mies.

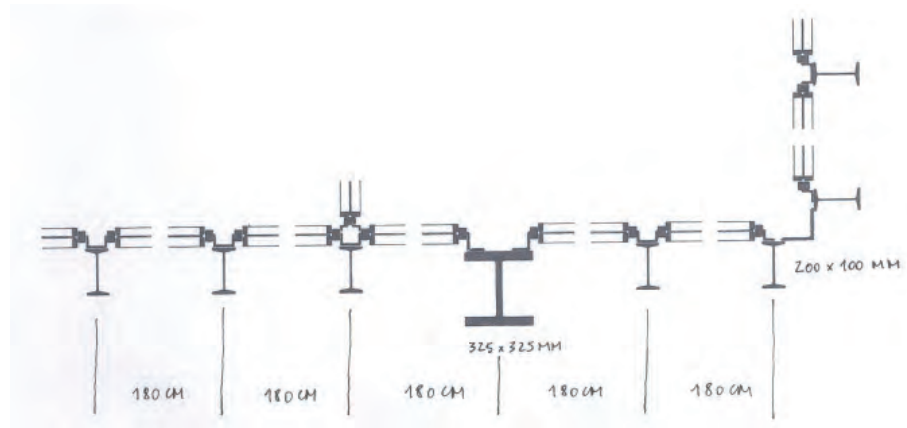


FIGURA IV.2-152, izquierda  
Edificio de oficinas Bacardi,  
México. Detalle de cerramiento  
en alzado. Dibujo del autor.

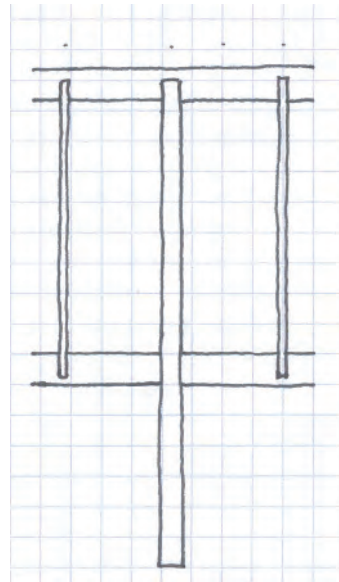


FIGURA IV.2-153, derecha  
Edificio de oficinas Bacardi,  
México. El alzado en escorzo  
queda opacitado por la sub-  
estructura en relieve. El alzado  
frontal sí muestra la transparen-  
cia del vidrio. Fuente: BLASER,  
Werner. *Mies van der Rohe*.  
Zanichelli, Serie di Architettura,  
Bologna, 1977



FIGURA IV.2-154  
Edificio de oficinas Bacardi,  
México. La perfilera vertical  
de la subestructura acelerando el  
ritmo de las columnas estruc-  
turales. Fuente: internet

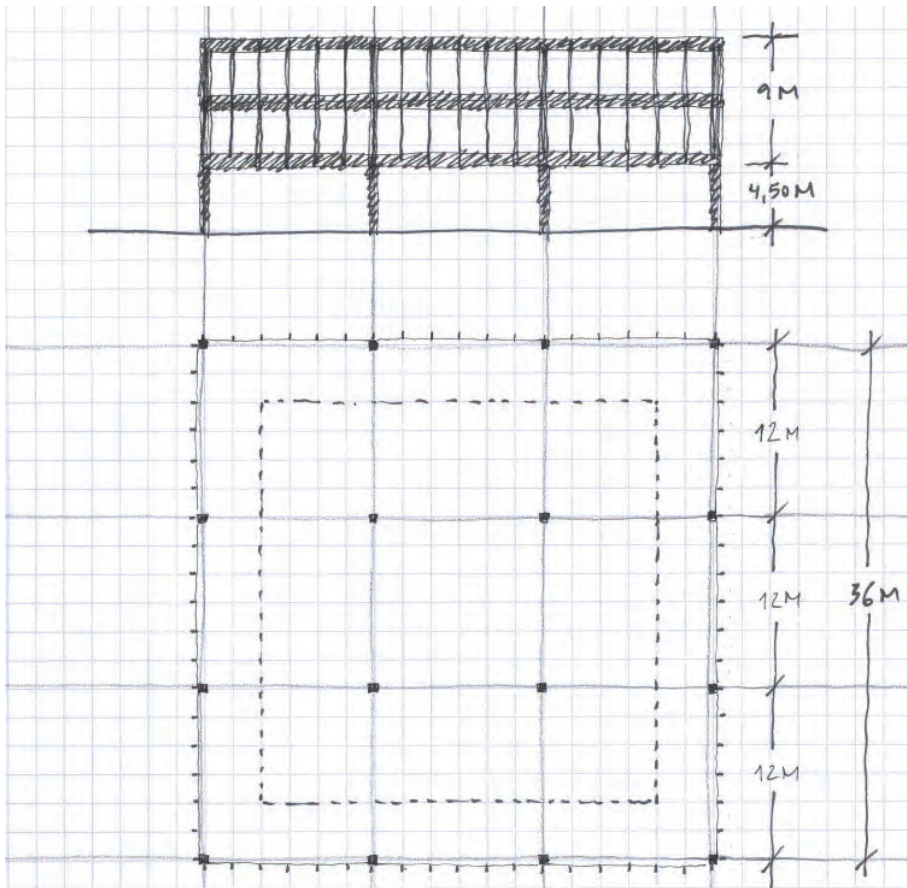


FIGURA IV.2-155  
Caja de Ahorros de Des Moines, Iowa, 1960-1963. Edificio de tres plantas. Caja de dos pisos elevada 4,5 metros del suelo sobre una estructura reticular cuadrada de acero ignífugo recubierto de hormigón, de 12x12 metros de lado. Revestimiento de acero soldado, carpintería de aluminio color bronce, y cristal tintado de gris. Los maineles verticales del cerramiento se sueldan directamente a la estructura, y el vidrio se sitúa a ras con la estructura. El cerramiento de planta baja se retranquea para liberar las columnas perimetrales. Dibujo del autor.

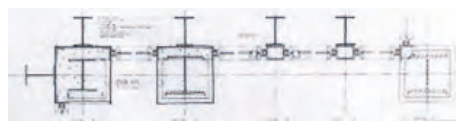
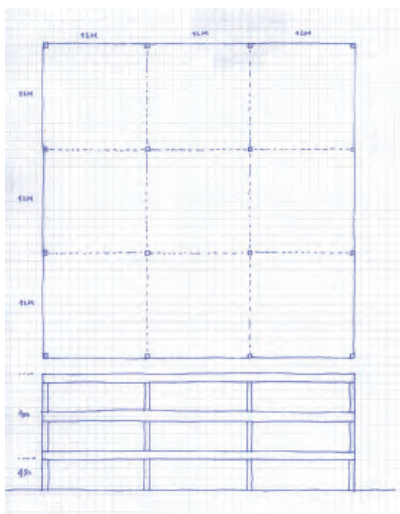


FIGURA IV.2-156, izquierda  
Caja de Ahorros de Des Moines. Detalle de cerramiento. Subestructura por delante de la estructura. Fuente: internet.

FIGURA IV.2-157, izquierda  
Caja de Ahorros de Des Moines. Esquema de estructura. Planta y alzado sin subestructura. Dibujo del autor.



FIGURA IV.2-158  
Caja de Ahorros de Des Moines. Imagen exterior. Fuente: JOHNSON, Philip. *Mies van der Rohe*. The Museum of Modern Art, New York, 1978.

#### IV.2.7. LA COLUMNA DECORATIVA DE LA ROMA CLÁSICA EN LA OBRA DE MIES

Como veíamos en el capítulo III.2 sobre estructuras ocultas, esta idea de emplear elementos estructurales sin función estructural, como ornamento, no es nueva en la Historia de la Arquitectura. Los arquitectos de la Roma clásica ya emplearon los órdenes clásicos griegos con función ornamental en muchos de sus edificios (figuras IV.2-159 y IV.2-160).

Mies, muchos años después, vuelve a emplear la columna con función no estructural, sino decorativa.

FIGURA IV.2-159

Fachada de la Biblioteca de Adriano en Atenas, 132 d.C., con un orden de columnas decorativas por delante del muro incluyendo el arquitrabe en voladizo. Fotografía del autor.





FIGURA IV.2-158  
Caja de Ahorros de Des Moines. Imagen exterior. Fuente: JOHNSON, Philip. *Mies van der Rohe*. The Museum of Modern Art, New York, 1978.



FIGURA IV.2-160  
Coliseo de Roma, 72-80 d.C. Orden decorativo de columnas por delante de la estructura muraria. Fotografía del autor.



#### IV.3. LA ESTRUCTURA ILUSORIA DEL PABELLÓN



### IV.3.1. MESA CON TABLERO SUSPENDIDO Y COLUMNAS RETRANQUEADAS. EL PABELLÓN DE BARCELONA

Cuando estudiábamos la estructura de la Casa Tugendhat (capítulo IV.1.3), comprobamos que el pilar cruciforme revestido con camisa cromada no estaba diseñado con criterios estrictos de eficiencia estructural. El pilar compuesto por cuatro perfiles en L no aprovecha toda la capacidad portante, pues concentra en su centro de gravedad la mayor parte de la sección, cuando, con los mismos perfiles, pero con una disposición de sección cuadrada su inercia hubiera sido mayor, y su resistencia, en consecuencia, también.

Tampoco estaba diseñado con arreglo a la disposición de la estructura metálica de los forjados, pues se trata de un pilar simétrico en las dos direcciones x e y del espacio, cuando los forjados están formados por vigas principales en una dirección, y forjados en la dirección perpendicular. Las columnas son bidireccionales, y los forjados son unidireccionales.

Tampoco estaban expresando su función portante ni su materialidad, pues el revestimiento de acero cromado, junto con los entrantes y salientes de la forma de cruz (como las acanaladuras de la columna dórica), producen un juego de brillos, reflejos, luces y sombras que tienden a la desmaterialización de la forma. Y la distinción material entre techo blanco, columna cromada, y suelo de linóleo también blanco, no hace sino separar, romper la continuidad entre estos tres elementos tectónicos. Recordemos cómo Brunelleschi en la Iglesia de San Lorenzo en Florencia (figura II.38), utilizaba la misma pietra serena en arcos y en columnas, como queriendo remarcar la continuidad entre los elementos estructurales horizontales y verticales.

Nos referíamos a la estructura de la Casa Tugendhat como una estructura tipo mesa <sup>1</sup>, pero si hay una estructura tipo mesa por excelencia, es la estructura del Pabellón de Alemania en Barcelona (figura IV.3-01), un proyecto que Mies desarrolló casi en paralelo al de la Casa Tugendhat.

A primeros de julio de 1928 el gobierno alemán encargó a Mies el diseño del Pabellón de Alemania y la instalación de todas sus exhibiciones para la Feria de Barcelona de 1929.<sup>2</sup> Y para octubre de ese mismo año la idea estaba suficientemente clara para Mies. El pabellón iba a consistir en una combinación de planos verticales y horizontales, libremente desplazados entre sí sobre un podio que resolvería el encuentro con el terreno. Entre octubre de 1928 y febrero del año siguiente se dibujaron los planos del proyecto, y el comienzo de las obras fue en febrero. El pabellón fue inaugurado el 26 de mayo de 1929 por el rey Alfonso XIII y la reina Victoria Eugenia, apenas tres meses después del comienzo de las obras y fue desmontado a la conclusión de la Feria, en enero de 1930.

1. CAMPO BAEZA, Alberto. *La idea construida*. Librería Técnica CP67, Universidad de Palermo, Argentina, 2000. Primera edición, Madrid, 1996

2. SOLÁ MORALES, I. CIRICI, C. RAMOS, F. *Mies van der Rohe. Barcelona Pavilion*. Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 2002.

BACHS, Isabel, QUINTANA, Marius. *Planos del Pabellón de Barcelona. Proyecto de mantenimiento*. Fundación MvdR, Barcelona, 2000

REVISTA ARQUITECTURA 261, COAM, Madrid, 1986. Reconstrucción del Pabellón Alemán de Barcelona.

El edificio que hoy vemos en pie es una reconstrucción realizada en 1986 por Ignasi de Solà-Morales, Cristian Cirici y Fernando Ramos.

FIGURA IV.3-01  
 Pabellón de Barcelona, 1929.  
 Estructura tipo mesa del cuerpo principal. Dibujo del autor.

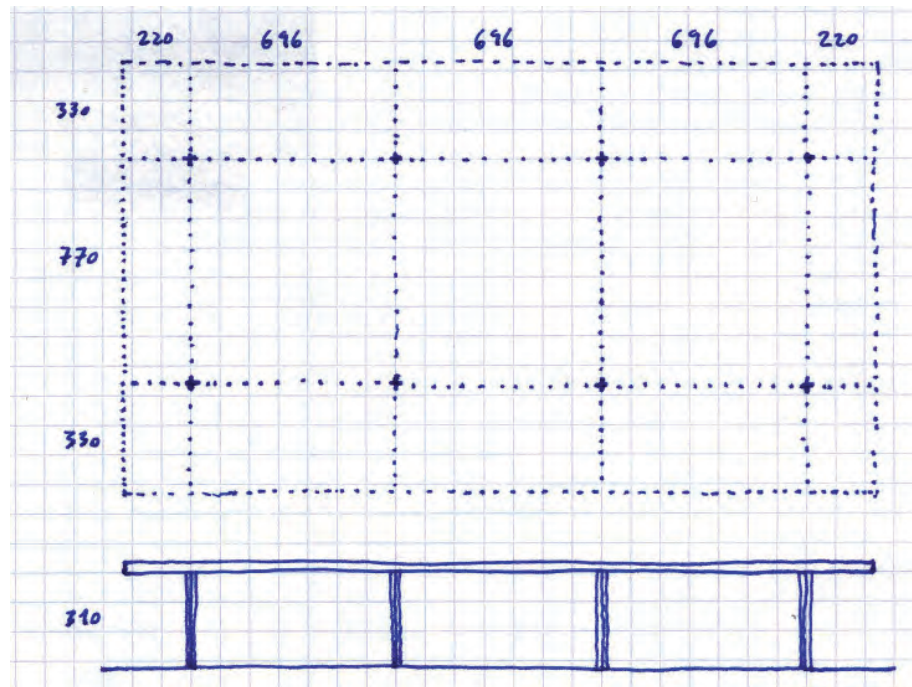


FIGURA IV.3-02  
 Pabellón de Barcelona. Planta.  
 Dibujo del autor.

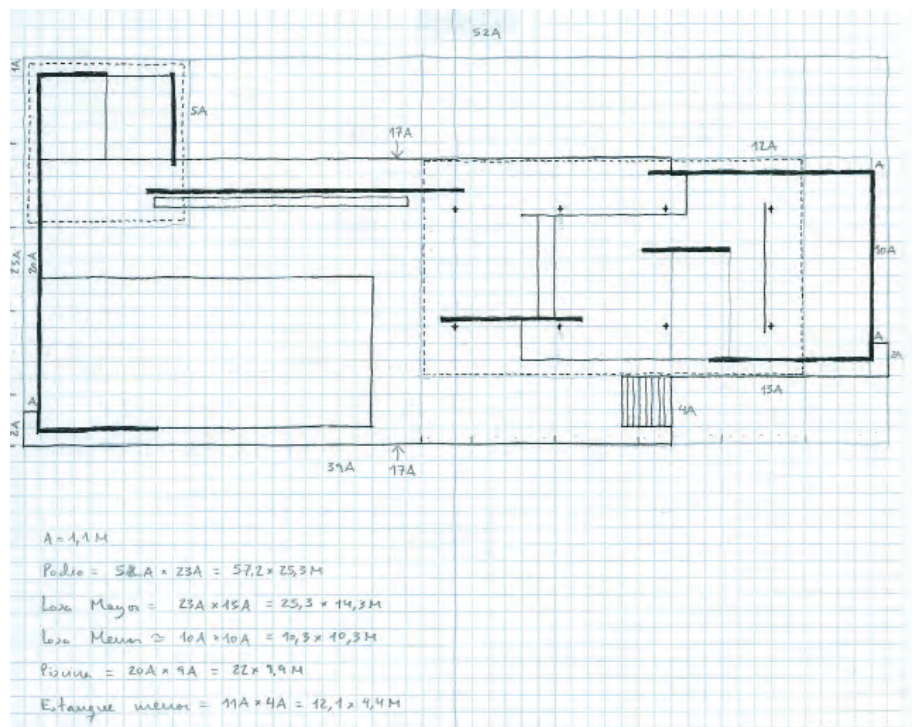
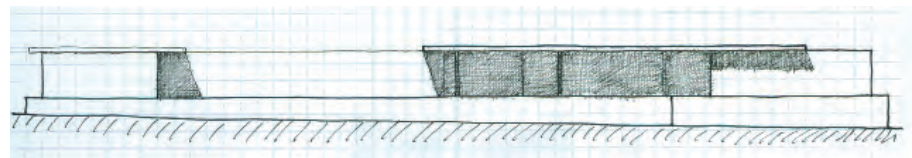
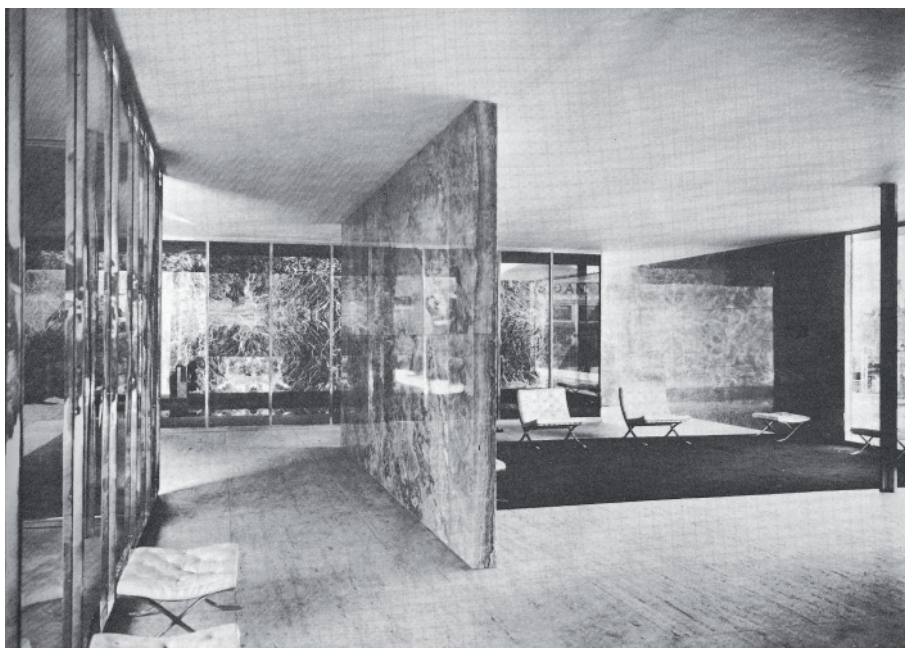


FIGURA IV.3-03  
 Pabellón de Barcelona. Alzado que muestra la disposición de los dos planos paralelos horizontales. Techo y podio. Dibujo del autor.



El pabellón se sitúa en la ladera de Montjuic, sobre un podio que resuelve el encuentro con el terreno, y como bien señala Peter Carter,<sup>3</sup> consiste en dos planos horizontales paralelos, el podio y la cubierta, y unos planos verticales dispuestos entre ellos con total libertad (figura IV.3-02 y IV.3-03)). La propuesta de Mies, una vez que hemos subido al nivel del podio por una escalera lateral, es un recorrido arquitectónico entre pantallas de piedra de diversos colores, desplazadas unas sobre las otras, y un juego para los sentidos basado, principalmente, en el uso del color y en los reflejos de los planos verticales de mármol, de los estanques, de los planos de vidrio, y de las columnas; y también de la luz reflejada sobre el suelo y sobre el techo. Un regalo para la vista, en un recorrido para el disfrute (figura IV.3-04).<sup>4</sup>



Pero volvamos a la idea de la mesa estructural. Por un lado el techo, el forjado horizontal, y por otro lado los pilares que le sirven de apoyo. Una mesa, en este caso, en la que las patas se independizan del tablero. Esa independencia de elementos estructurales se consigue por varios medios:

- el cambio de material y textura; el techo es blanco, las columnas son de acero cromado, el podio es de travertino (figura IV.3-05);
- la ausencia de elementos de transición entre techo y columnas. No hay capiteles, y las vigas están ocultas por el falso techo de escayola (figura IV.3-06).
- La falta de concordancia entre la retícula estructural y la modulación del pavimento (figura IV.3-07).
- Y por último, el retranqueo, el desplazamiento, el voladizo de unos elementos con respecto a otros. Una huida respecto a la caja compacta (IV.3-08).

3. CARTER, Peter. *Mies van der Rohe trabajando*. Phaidon Press Limited, London, 2006. Traducción: Gemma Deza Guil. Primera edición, 1974.

FIGURA IV.3-04 Interior del Pabellón de Barcelona. Fotografía de época, que muestra el juego de transparencias, brillos y reflejos: pantalla de ónice en el centro, plano de vidrio al fondo, y carpintería de acero inoxidable a la izquierda. Fuente: SOLÁ MORALES, I. CIRICI, C. RAMOS, F. *Mies van der Rohe. Barcelona Pavilion*. Ed. Gustavo Gili, Barcelona, 2002.

#### 4. Pabellón de Barcelona.

Dimensiones:  
Módulo del edificio 1,10x1,10 metros aproximadamente; Distancia entre pilares 7,70x6,96 metros; Los voladizos en la dirección de los pórticos miden 3,30 metros, y 2,20 metros en la dirección perpendicular. La cubierta mayor mide 14,30x25,30 metros, y la cubierta menor 10,30x10,30 metros. La altura libre es 3,10 metros, y está en función de las dimensiones del bloque de ónice (2,35x1,55 metros). La anchura del podio en su parte central es 18,70 metros.

Materiales:  
Mármol travertino romano en el podio, en el pabellón de servicio, en el muro que une los dos pabellones, y en el muro que bordea el estanque mayor.  
Mármol verde de Tinos en el muro exento que da acceso al pabellón principal.  
Mármol verde alpino del valle de Aosta en el muro que bordea el estanque interior.  
Ónice dorado del Atlas en el muro exento interior del pabellón principal  
Carpinterías de acero cromado.  
Cristal transparente, verde botella, gris y blanco.  
Alfombra negra, cortina roja de terciopelo, y la estatua de bronce de Kolbe

FIGURA IV.3-05  
Pabellón de Barcelona. Discontinuidad techo-columna-podio por un cambio de materiales. Fotografía del autor.



FIGURA IV.3-06, izquierda  
Pabellón de Barcelona. Ausencia de elementos de transición techo-columna y columna-podio. Fotografía del autor.

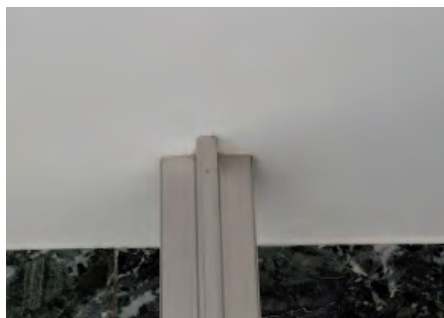


FIGURA IV.3-07, derecha  
Pabellón de Barcelona. Falta de concordancia entre la modulación de la estructura y la modulación del pavimento. Fotografía del autor.



FIGURA IV.3-08  
Pabellón de Barcelona. Ruptura de la caja. Desplazamiento de elementos horizontales respecto a los elementos verticales. Fotografía del autor.



Mies no está proponiendo aquí un volumen único, ni una forma única, sino un espacio continuo y una forma que resulta de la combinación de elementos que mantienen su independencia; el plano horizontal por un lado, y por otro lado las particiones para definir el espacio, inspiradas por las composiciones de Wright, y que no tienen función estructural.

El edificio está construido sobre cimientos de hormigón y muros de ladrillo que dan forma al podio, revestido de travertino. Del podio emerge la estructura metálica de soporte. Siguiendo la descripción de Ignasi de Solá Morales, la estructura del pabellón principal consta de cuatro pórticos sobre ocho columnas cruciformes con jácenas que pretendían ser de sección uniforme y no superiores al canto visible de la losa, 20 cm. Pero esto no fue posible por el exceso de flecha en los extremos de los voladizos. Las vigas tuvieron que ser reforzadas hasta llegar a los 30 cm de canto, a excepción de sus extremos, que sí se mantuvieron con los 20 cm de espesor. Como se quería que el techo permaneciera plano, el aumento de espesor se hizo no en el cordón inferior de las vigas, sino fundamentalmente en el cordón superior, no vigas con descuelgue, sino vigas invertidas que quedaban ocultas con la formación de pendientes de la cubierta. Además, cuando fue posible, Mies apoyó las vigas en los muros para evitar el problema de la flecha excesiva en los extremos. Su idea inicial de desposeer de capacidad portante a los muros no pudo ser llevada por completo a la práctica (figuras IV.3-09 a IV.3-12)

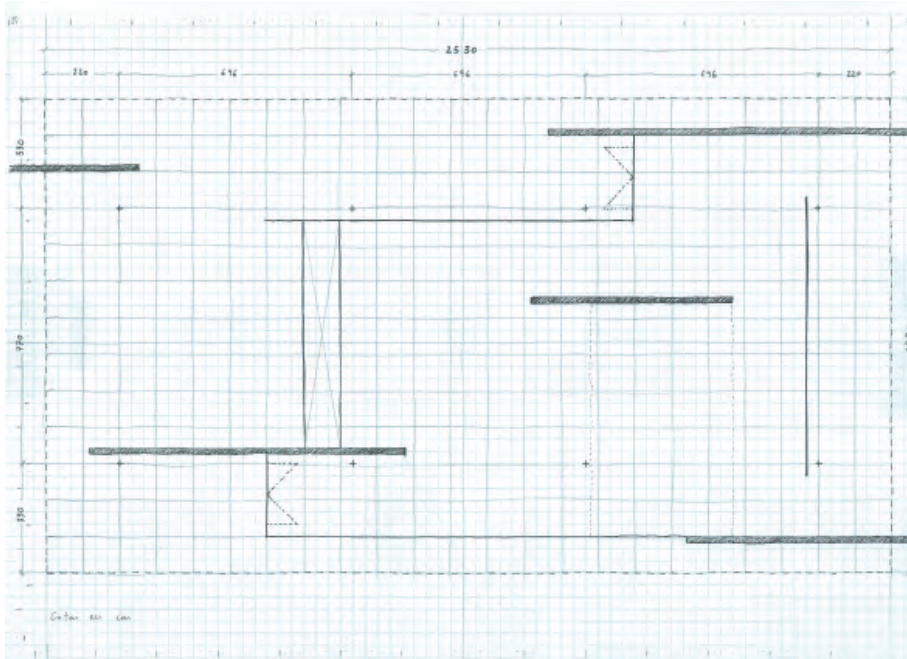


FIGURA IV.3-09  
Pabellón de Barcelona. Planta de la sala principal. Estructura compuesta por cuatro pórticos transversales, dispuestos cada 7 metros aproximadamente. El pórtico se compone de dos columnas separadas 7,7 metros, con dos voladizos en sus extremos de 3,3 metros. Dibujo del autor.

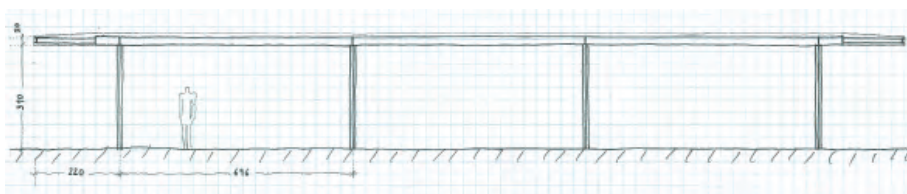


FIGURA IV.3-10  
Pabellón de Barcelona. Sección longitudinal de la sala principal. Los voladizos en esta dirección son menores a los de la dirección transversal. En el extremo del voladizo se reduce el canto de las vigas para aligerar visualmente el borde del forjado. El canto de las vigas en los vanos centrales no se refleja en la cara inferior del forjado, no son vigas descolgadas. Son vigas de canto invertidas. Dibujo del autor.

FIGURA IV.3-11

Pabellón de Barcelona. Fotografía del edificio original en construcción. Cambio de espesor de viga en el voladizo. Fuente: SOLÁ MORALES, CIRICI, RAMOS. *Mies van der Rohe. Barcelona Pavilion*. Ed. Gustavo Gili, Barcelona, 2002.

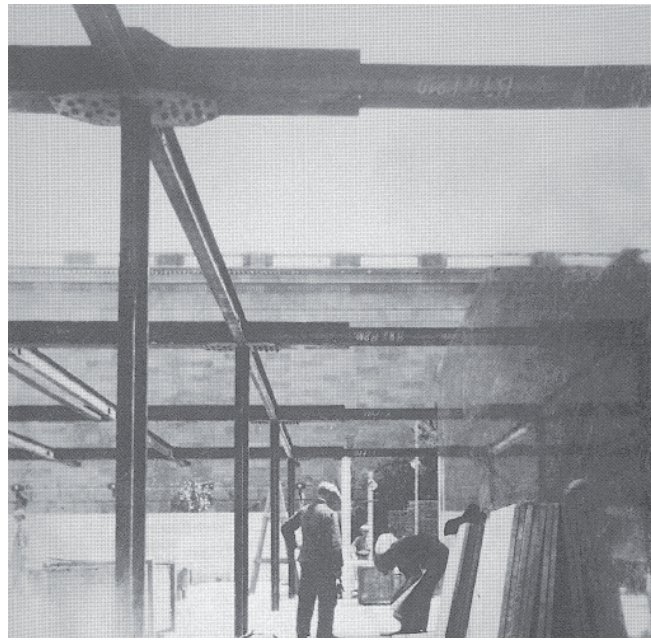


FIGURA IV.3-12

Pabellón de Barcelona. Fotografía de las cubiertas originales. El cambio de sección de las vigas lo absorben las pendientes de la cubierta. Fuente: SOLÁ MORALES, CIRICI, RAMOS. *Mies van der Rohe. Barcelona Pavilion*. Ed. Gustavo Gili, Barcelona, 2002.

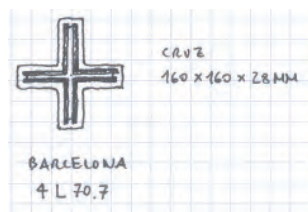
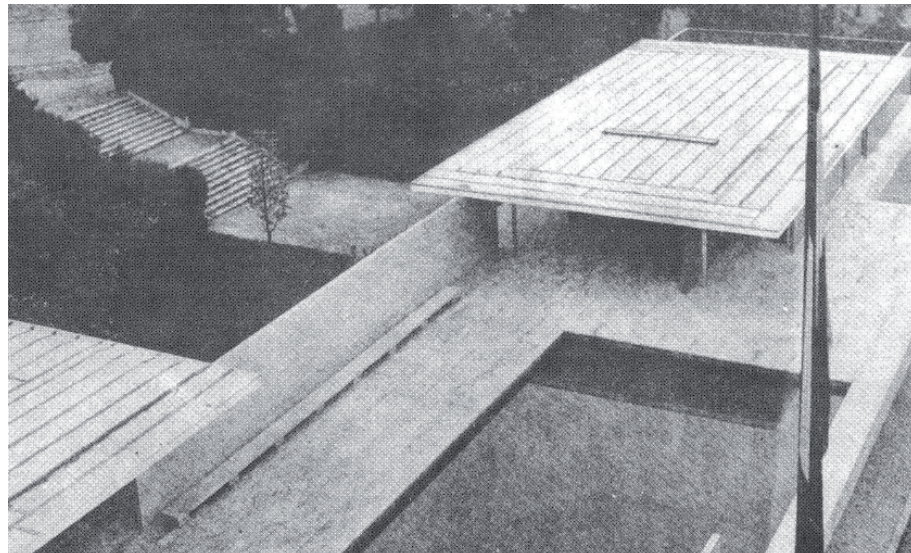


FIGURA IV.3-13

Pabellón de Barcelona. Columna cruciforme. Al concentrar la mayor parte de la masa en el centro de gravedad, la disposición de las cuatro L no aprovecha toda su inercia. Dibujo del autor.

5. CAMPO BAEZA, Alberto. *La estructura de la estructura*. Memoria del curso 2007-2008. Maira Libros, ETSAM, 2008.

Y al igual que en la Casa Tugendhat, Mies plantea aquí una estructura sin alusión a la sustentación. Una estructura que quiere desaparecer.

También aquí el diseño de las columnas es ajeno a la máxima eficacia estructural. Las columnas cruciformes como ya hemos dicho con antelación no aprovechan toda la inercia de los 4 perfiles L.70.10 que las componen (figura IV.3-13).

También aquí la forma cruciforme, bidireccional de la columna, es contraria a la disposición unidireccional de las vigas (figura IV.3-14).

También aquí se pierde la alusión a la materialidad del acero, y se revisten las columnas con una camisa de acero cromado, como si fueran objetos preciosos. El efecto del brillo y los reflejos desmaterializan las columnas, las hacen desaparecer (figuras IV.3-15 a IV.3-17).<sup>5</sup>

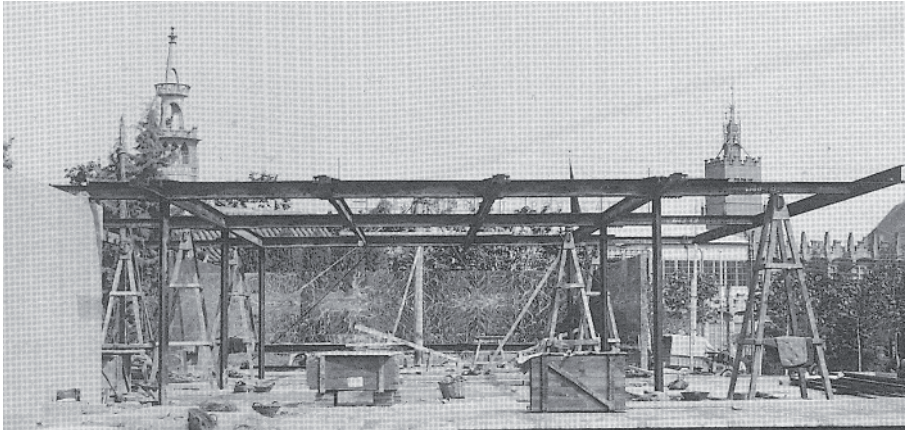


FIGURA IV.3-14  
 Pabellón de Barcelona. Fotografía de la época que muestra la unidireccionalidad del forjado. En la dirección longitudinal de la fotografía, las vigas. En la dirección transversal, el forjado. Fuente: SOLÁ MORALES, CIRICI, RAMOS. *Mies van der Rohe. Barcelona Pavilion*. Ed. Gustavo Gili, Barcelona, 2002.

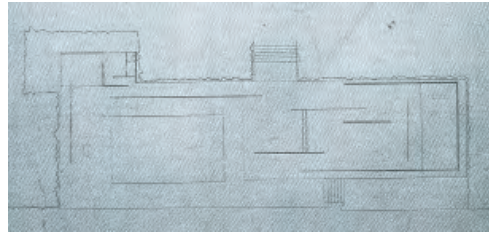
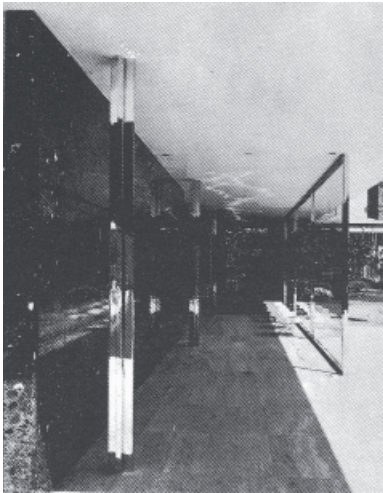
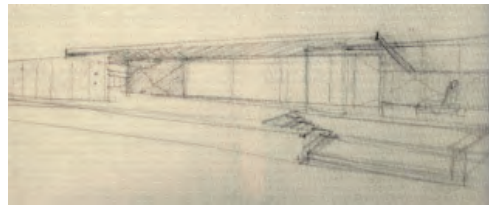


FIGURA IV.3-15, izquierda  
 Pabellón de Barcelona. El efecto desmaterializador de la camisa de acero cromado de las columnas. Fuente: SOLÁ MORALES, CIRICI, RAMOS. *Mies van der Rohe. Barcelona Pavilion*. Ed. Gustavo Gili, Barcelona, 2002.



FIGURAS IV.3-16 y 17, derecha  
 Como una metáfora de la desaparición de las columnas, uno de los planos preliminares, de 1928, se dibuja sin columnas. Debajo, dibujo de Mies van der Rohe con la losa horizontal suspendida, sin columnas aparentes. Fuente: MERTINS, Detlef. *Mies*. Phaidon Press, Londres, 2014

Pero sobre todo esto, queríamos destacar aquí el efecto del techo en voladizo. Como si estuviera suspendido en el aire. El vuelo del techo del Pabellón de Barcelona es superior al de la Casa Tugendhat. En la Tugendhat, los pilares se retranquean 2 metros respecto a la fachada. Y el cristal se alinea con el voladizo. En el Pabellón de Barcelona el voladizo en el alzado principal es de 3,3 metros, y en los laterales, 2,20 metros. Y además, no hay cerramiento de vidrio que toque el borde del voladizo, sino que permanece libre en todo su perímetro. Como una línea blanca, delgada, sustentada por la sombra. Y para reforzar la esbeltez de ese techo, su canto se reduce, desde los 30 cm, en la zona de apoyo, a los 20 cm del canto del forjado (figura IV.3-18).

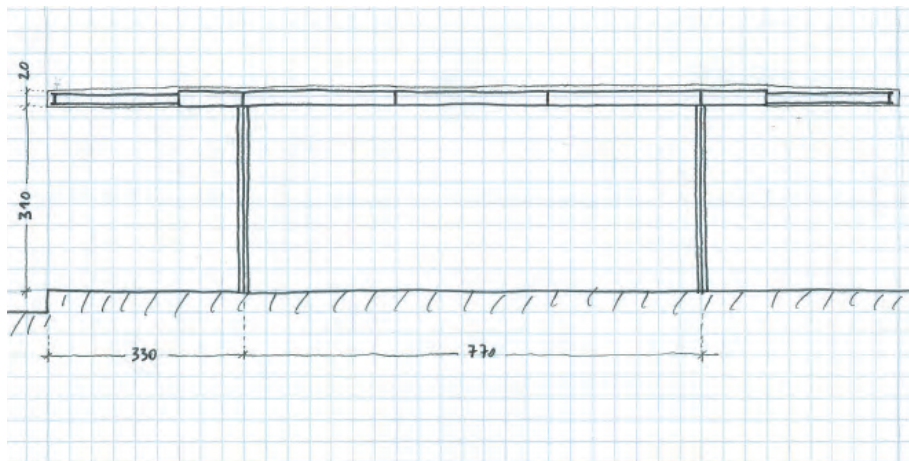


FIGURA IV.3-18  
 Pabellón de Barcelona. Sección transversal que muestra un pórtico principal y la reducción del borde del forjado. Dibujo del autor.

Es decir, cuando nos situamos en el exterior del pabellón, los pilares desaparecen, retranqueados y en sombra respecto al borde de la losa blanca, abstracta (figuras IV.3-19 y IV.3-20). Pero cuando estamos dentro del pabellón, no encontramos una alusión directa al apoyo de la losa sobre los pilares, y a la transición entre el pilar y el podio. Ni hay basa, ni hay capitel. Ni hay continuidad de material entre el techo, la columna y el suelo. Y además la camisa de acero cromado, desmaterializando y haciendo desaparecer las columnas.

FIGURAS IV.3-19 y IV.3-20  
Pabellón de Barcelona. Imágenes desde el exterior. El plano blanco horizontal parece flotar al desaparecer las columnas en la sombra. Fotografías del autor.



6. FRAMPTON, Kenneth. *Estudios sobre cultura tectónica*. Ediciones Akal, Madrid, 1999. Primera edición 1995.

Esta idea de lo atectónico la expresa Frampton cuando nos habla de cómo la columna de Barcelona se desmaterializa.<sup>6</sup> Cómo la columna no tiene basa ni capitel. Cómo es una abstracción de la idea de soporte que no expresa la acción de soporte. Si recordamos las palabras de Schopenhauer sobre la interacción necesaria entre carga y soporte, sabremos que aquí, voluntariamente, Mies elude esta interacción.

7. SCHOPENHAUER, Arthur. *Lecciones sobre metafísica de lo bello: Sobre la Arquitectura y el arte de canalizar las aguas*. Colección Estética y Crítica, Universidad de Valencia, 2004. Primera edición, 1820. Traductor: Manuel Pérez Cornejo

*“El tema propiamente estético de la bella arquitectura es la lucha entre el peso y la rigidez (der Kampf zwischen Schwere und Stärke). De hecho, este es el único tema estético que la caracteriza exclusivamente, puesto que, en cualquiera de sus manifestaciones, su misión es precisamente poner de manifiesto con toda claridad y de múltiples maneras la lucha mencionada”.*<sup>7</sup>

Además, Mies niega la presencia de la retícula de pilares. La disposición de los muros y pantallas libres hace que nunca podamos ver a la vez los cuatro pilares básicos que configuran una estructura de pilares (figura IV.3-21). Los cuatro pilares que nos estarían señalando una unidad básica estructural: cuatro columnas, dos vigas y el forjado.

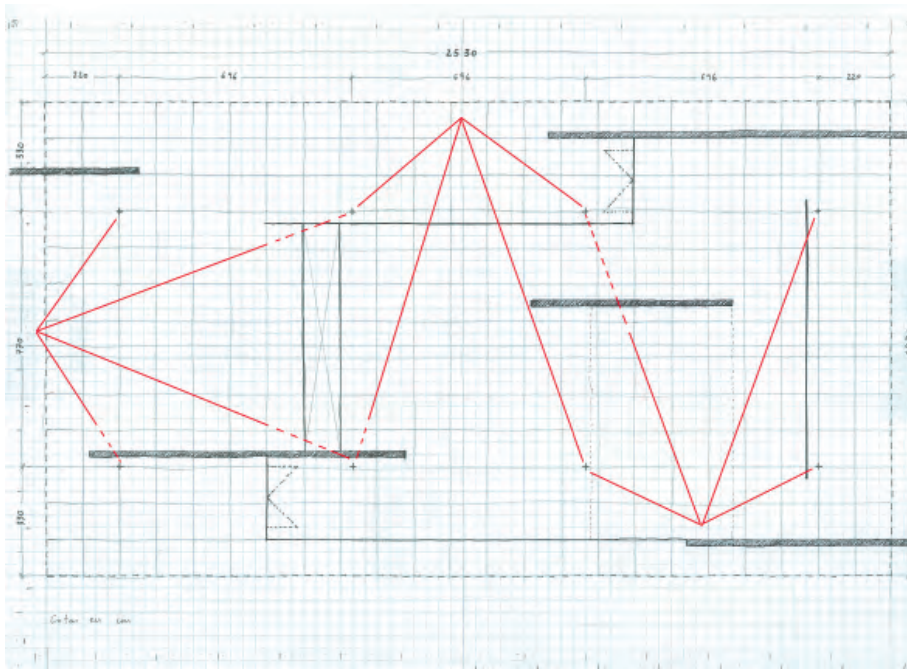


FIGURA IV.3-21  
 Pabellón de Barcelona. Líneas visuales. En cualquier posición del observador, la disposición de pantallas evita que se puedan ver a la vez cuatro columnas de dos pórticos correlativos. Dibujo del autor.

En el Pabellón se hace evidente la negación de la función portante de la columna. Y con ella, la ilusión de un techo suspendido en el aire. Jean Louis Cohen<sup>8</sup> al referirse a esta obra, habla de un universo de transparencias, de reflejos minerales y metálicos en los que se van recortando los planos de color. Quizás podríamos añadir que el Pabellón es un paseo para el disfrute de la vista.

Y esta ilusión de la estructura, y este juego de la vista tienen un antecedente en los Palacios Nazaríes de la Alhambra de Granada. Ya en el capítulo III.3 estudiábamos cómo el techo de la Sala de Dos Hermanas fingía perderse en las alturas (figura III.3-08). Y cómo la fachada del Palacio de Comares (figura III.3-19), o la alberca del Patio de los Arrayanes (figura III.3-44), juegan con el reflejo de la luz, y con el brillo. Y cómo la columna del Patio de los Leones tiene una función eminentemente espacial e ilusoria, relegando su función mecánica a un segundo plano (figura III.3-20).

8. COHEN, Jean Louis. *Mies van der Rohe*. Akal Arquitectura, Madrid, 1998. Traducción. Juan Calatrava Escobar.

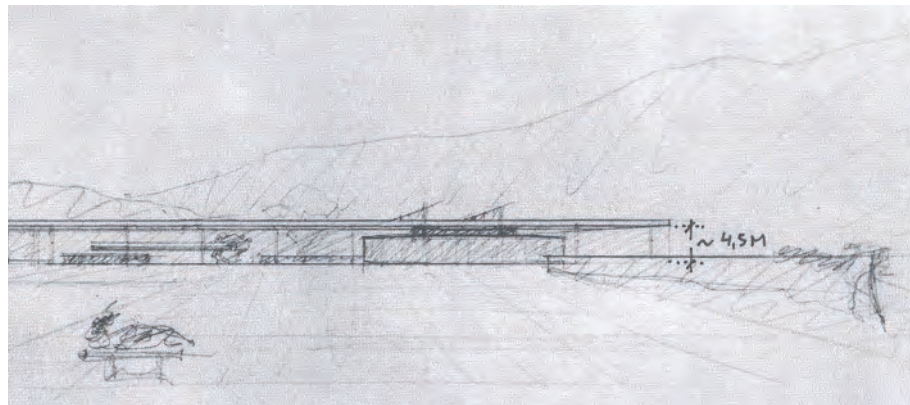
#### IV.3.2. CAJA CON DOS CARAS. ESTRUCTURA MONUMENTAL POR FUERA Y OCULTA POR DENTRO. EL CROWN HALL

En 1942, Mies diseñó un Museo para una ciudad pequeña que no se llegó a construir. En líneas generales, el proyecto consistía en una gran cubierta horizontal sostenida por una retícula regular de columnas. Pero lo que aquí querríamos destacar es la solución estructural del auditorio. En la perspectiva del exterior del edificio llaman la atención dos grandes vigas de canto que asoman sobre el forjado horizontal de cubierta (figura IV.3-22). Son las vigas que salvan el espacio del auditorio, en el que lógicamente se han eliminado las columnas. Estas grandes vigas trianguladas, que serán imagen de edificios posteriores de Mies, aparecen en este proyecto por primera vez. El techo plano interior, y la estructura por fuera. Masami Takayama<sup>9</sup> nos cuenta que este sistema estructural será un paso previo a la idea de espacio universal sin columnas de Mies.

9. TAKAYAMA, Masami. *Mies' Testing ground for ideas*. Fuente: BLASER, W. *Mies van der Rohe*. IIT Campus. Birkhäuser, Berlín, 2002

FIGURA IV.3-22

Museo para una pequeña ciudad, 1942. Sobre el plano de cubierta, las vigas de gran canto del auditorio. Fuente: JOHNSON, Philip. *Mies van der Rohe*. The Museum of Modern Art, New York, 1978.



Poco tiempo después, entre 1945 y 1946, Mies recibe el encargo para diseñar un restaurante en Indianapolis, el Restaurante Cantor Drive-in, un gran espacio diáfano en el que por primera vez la estructura se sitúa al completo fuera del cerramiento. La estructura abraza el espacio desde fuera, tanto las vigas, como los pilares. Una estructura de cerchas gigantes. Una estructura monumental con dos decisiones discutibles. Las cerchas se disponen según la luz mayor del espacio rectangular que cubren (46 metros de vano frente a los 32 metros de vano en la dirección menor del rectángulo), y por tanto su canto es mayor de lo que podría haber sido. Los pilares en I (una I de lados desiguales, no simétrica) están girados, mostrando al exterior su lado mayor, el alma, cuando lo lógico habría sido colocar el alma en la misma dirección de las cerchas para aprovechar la máxima inercia de la sección. Las dos decisiones tienen una consecuencia clara. Aumentar visualmente el tamaño de la estructura. Monumentalizarla a cambio de evitar lo que habría sido una lógica estructural estricta (figuras IV.3-23 a IV.3-26).

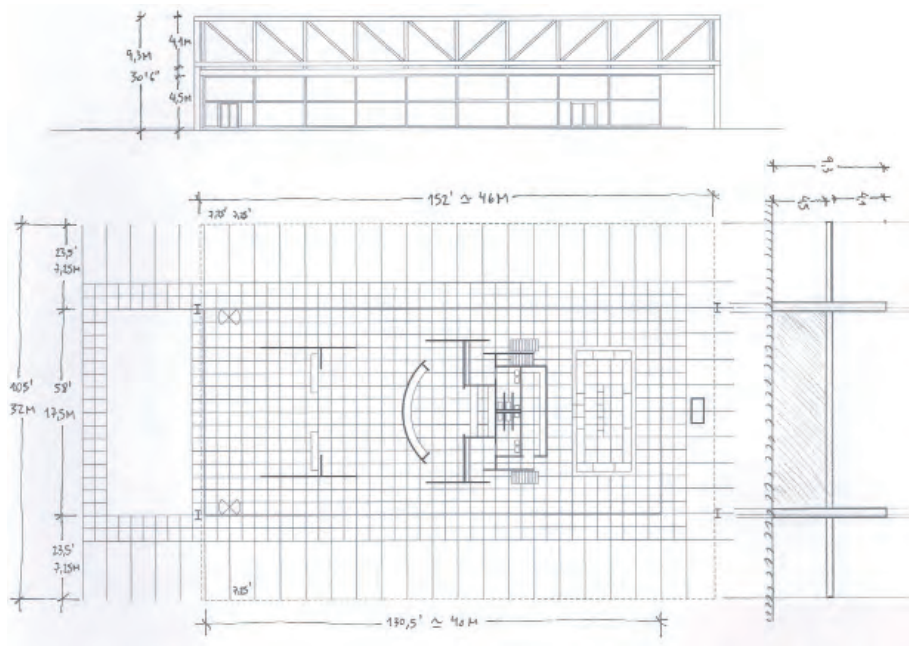


FIGURA IV.3-23  
 Restaurante Cantor Drive-in.  
 Indianapolis, 1945-1946. Planta,  
 sección y alzado. Dibujos  
 del autor sobre planimetría de  
 Rolf Weisse. Fuente: WEISSE.  
*Mies van der Rohe. Vision und  
 Realität. Von der Concert Hall  
 zur Neuen Nationalgalerie.*  
 Strauss Verlag, Potsdam, 2001

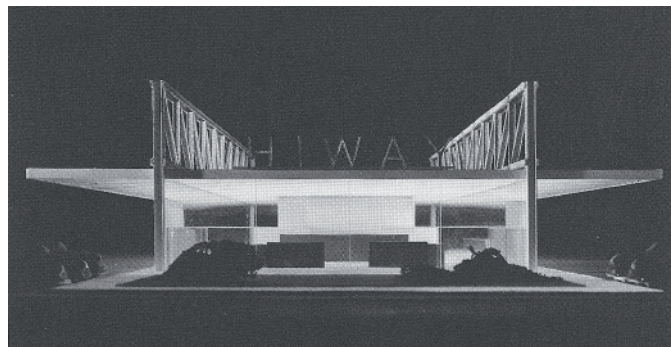
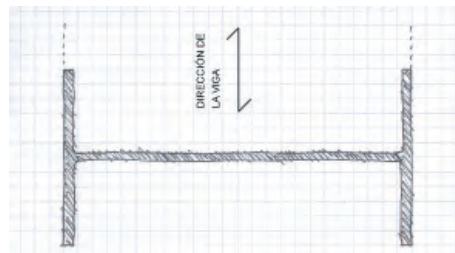
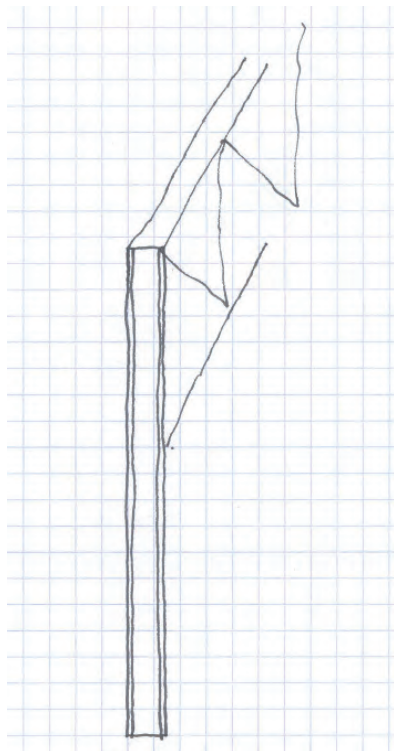


FIGURA IV.3-24  
 Restaurante Cantor Drive-in.  
 Indianapolis, 1945-1946. Fuen-  
 te: WEISSE, Rolf D. *Mies van  
 der Rohe. Vision und Realit-  
 tät. Von der Concert Hall zur  
 Neuen Nationalgalerie.* Strauss  
 Verlag, Potsdam, 2001



FIGURAS IV.3-25, izquierda y  
 IV.3-26, derecha  
 Detalles de la estructura del  
 Restaurante Cantor. La cercha  
 acomete en perpendicular al  
 alma de la columna, de mane-  
 ra que no se aprovecha toda la  
 inercia de la sección. Dibujos  
 del autor.



La estructura del espacio principal está formada por cuatro grandes pórticos de acero a la vista, por delante del cerramiento y por encima de la cubierta. Es la primera estructura monumental que Mies pone en pie, y está en clara relación con el proyecto para el restaurante Cantor Drive-in. Los pórticos se disponen cada 60', unos 18 metros, con una luz de 120', aproximadamente 36,60 metros. Sendos voladizos en los laterales de 20' cada uno, unos 6 metros, terminan por rematar el gran rectángulo de 220'x120', 67x36,60 metros. En este edificio Mies rompe las reglas de modulación de 24'x24' que había establecido para el resto del Campus y evita también aquí el uso del ladrillo (figuras IV.3-27 y IV.3-28). En el gran espacio diáfano, Mies dispone una serie de pantallas de madera para acotar diferentes zonas. Las pantallas tienen la misma altura que la banda de cerramiento translúcido, no llegan al techo, de modo que desde el interior podemos ver las copas de los árboles.

Siguiendo con la descripción de la estructura, los cuatro grandes pórticos están compuestos por vigas de alma llena de 1,80 metros de canto, soldadas a columnas en H de 30x36 cm. Y tanto el forjado de cubierta, como el cerramiento, se disponen por la cara interior de los pórticos, como si los pórticos sujetaran el edificio desde fuera (figuras IV.3-29 a IV.3-33).

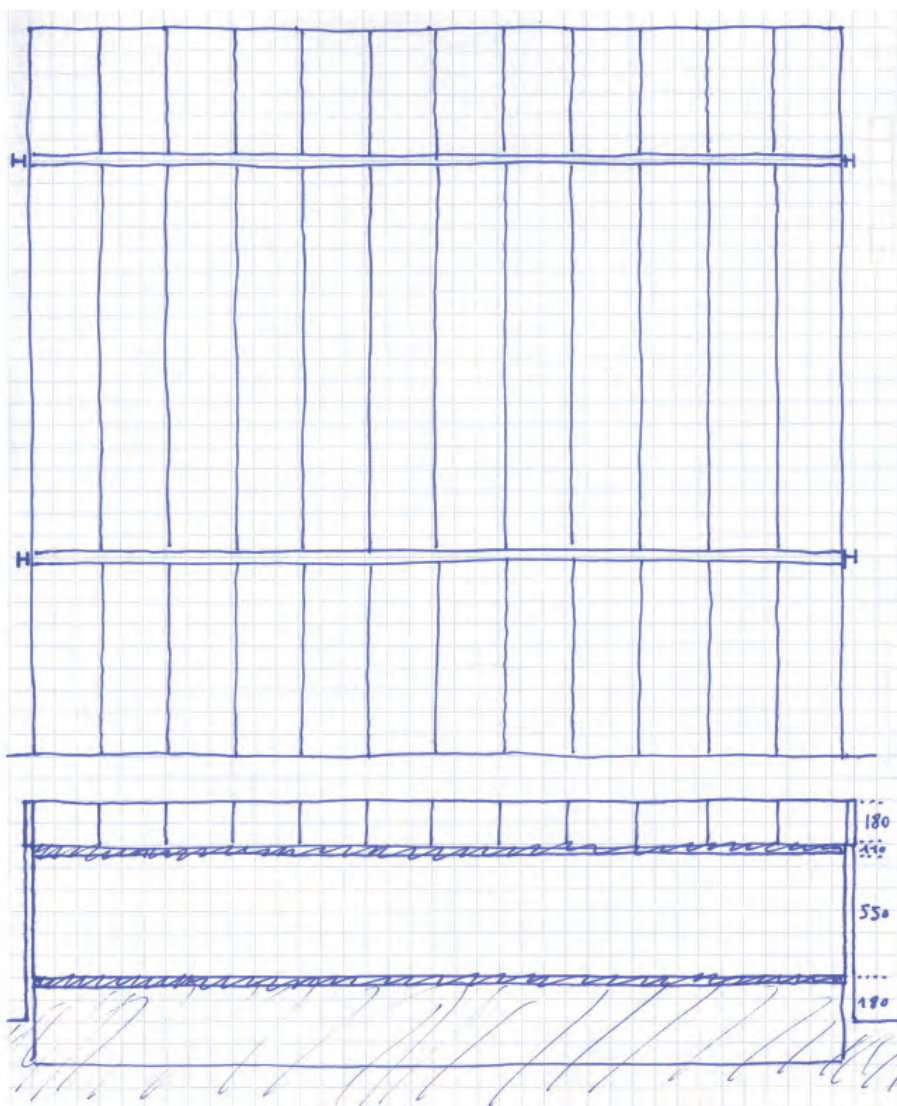
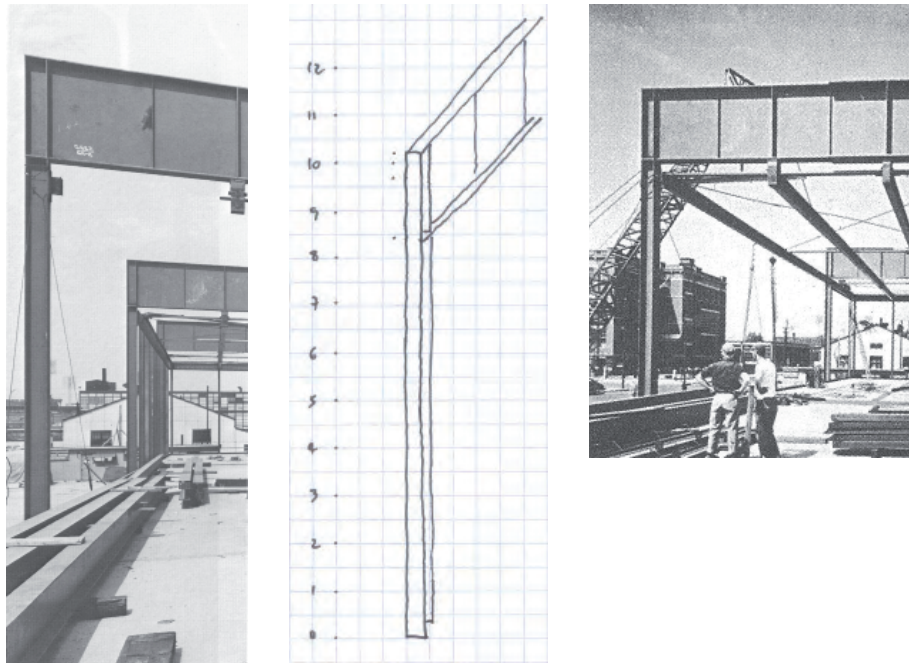


FIGURA IV.3-29  
Crown Hall. Esquema estructural en planta y sección. Dibujo del autor.

FIGURAS IV.3-30 a IV.3-33  
 Crown Hall. Fotografías y es-  
 quema del edificio en construc-  
 ción. Sobre las columnas y bajo  
 las cerchas se colocan unos  
 casquillos de acero para resol-  
 ver el encuentro de las vigas de  
 atado. De esta manera parece  
 que la estructura principal abra-  
 za la estructura secundaria.  
 Fuente: SPAETH, David. *Mies  
 van der Rohe*. Rizzoli Interna-  
 tional Publications, Nueva York,  
 1985. Dibujo del autor.



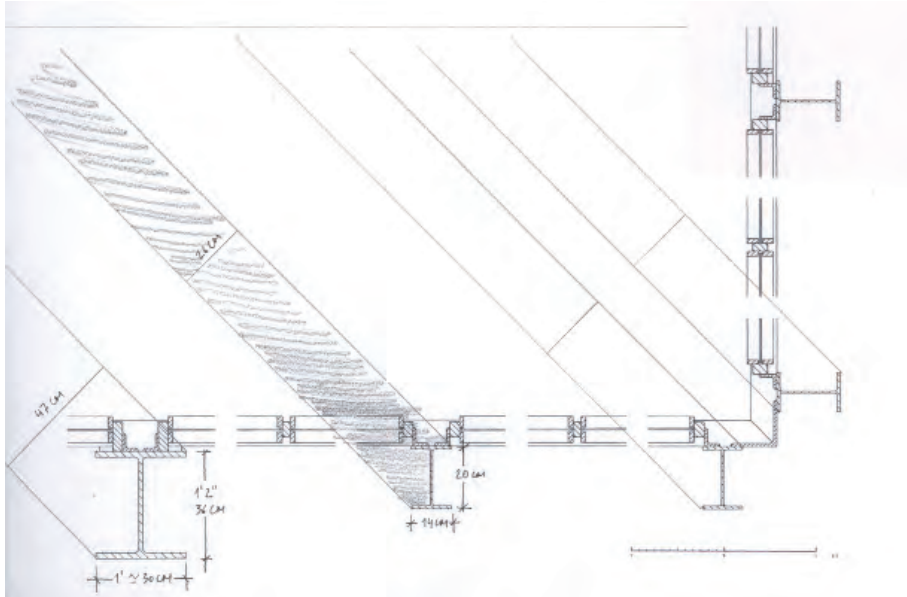
La estructura del Crown Hall no se puede descomponer. Es un todo que abarca un espacio total, único y diáfano. La escala de la viga de canto es acorde al tamaño del espacio y a su horizontalidad. La estructura monumental es, por su propio carácter monumental, enorme, y por tanto, indivisible en partes. Es una estructura total. Y el propio Mies lo reconoce con estas palabras.<sup>10</sup>

10.  
 CARTER, Peter. *Mies van der  
 Rohe trabajando*. Phaidon  
 Press Limited, London, 2006.

*“Considero que la Facultad de Arquitectura es el más completo y refinado de todos los edificios del Campus, y también el más sencillo. En los otros edificios se aprecia un orden más práctico, más económico, mientras que en la Facultad de Arquitectura el orden es más espiritual.”*

En el cerramiento, de acero y vidrio, Mies vuelve a emplear la subestructura de perfiles en I como ya hiciera en los apartamentos de Lake Shore Drive. Cada 10', 3 metros, un perfil, de manera que esta subestructura recorre simétricamente los cuatro alzados del edificio. Todo el acero pintado de negro. Y al igual que en los citados apartamentos, esta subestructura le da una cierta vibración a la fachada, que

va variando en función de la situación del espectador. Aquí ya no se trata de provocar una sensación de verticalidad como hiciera Mies en las torres de apartamentos. Aquí se trata de provocar una sensación de vibración, de fachada dinámica. En este edificio, la disposición de la subestructura de acero tiene una función clara y lógica, aparte de la función visual que Mies le otorga. Un cerramiento de vidrio de casi seis metros de altura no podía ponerse en pie sin la correspondiente subestructura (figuras IV.3-34 y IV.3-35).



FIGURAS IV.3-34 y IV.3-35  
Crown Hall. Detalle del cerramiento. Cada tres metros se dispone un perfil de 20x14 cm. Tanto la estructura como la subestructura se colocan por delante del cerramiento de vidrio, de manera que la percepción del edificio varía con la posición del espectador, haciéndose más opaco en las vistas oblicuas, y más transparente en las vistas frontales. Dibujo y fotografía del autor.

11.  
CARTER, Peter. *Mies van der Rohe trabajando*. Phaidon Press Limited, London, 2006.

BLAKE, Peter. *The master builders. Mies van der Rohe and the mastery of structure*. W.W.Norton & Company, Inc., Nueva York, 1996. 1ª Edición 1976.

Algunos autores<sup>11</sup> han comparado el detalle constructivo de Mies de situar la estructura y la subestructura por fuera, con la tradición gótica de llevar los contrafuertes por fuera. La intención constructiva y espacial de los góticos era muy clara. El interior de las catedrales góticas nos da una gran impresión de ligereza y verticalidad porque la verdadera estructura que soporta los empujes de las bóvedas va por fuera. Como estudiábamos en el capítulo II.1.2, al analizar la Sainte Chapelle, hay dos miradas de la catedral gótica. Por dentro verticalidad, acentuada por las esbeltas columnas (que pueden ser muy esbeltas porque no soportan cargas horizontales), y por la confluencia de las nervaduras en la clave de las bóvedas, lo más apuntadas que fuera posible, y también por la luz coloreada de las vidrieras. El interior de la catedral de Palma de Mallorca es un buen ejemplo de cuánto pueden adelgazarse las columnas gracias a que los empujes horizontales se los llevan los contrafuertes exteriores (figura IV.3-36). Por fuera, la imagen de las catedrales góticas es la de su osamenta, con su ritmo vertical de contrafuertes acentuados por los pináculos, que buscan también la verticalidad (figura IV.3-37). Pero estas dos imágenes de la catedral gótica son contrapuestas. Desde dentro nunca podemos ver los contrafuertes. Desde fuera nunca podemos ver la magia del espacio interior. Es una estructura de dos caras complementarias, que nunca se tocan. Materialidad por fuera, ilusión gravitatoria por dentro.



FIGURAS IV.3-36 y IV.3-37  
Catedral de Mallorca. Vista interior y vista exterior. Una estructura de doble cara. Por dentro, columnas muy esbeltas, ligereza y luminosidad trascendental. Por fuera, robustos contrafuertes. Fotografías del autor.



En el caso del Crown Hall, la transparencia del vidrio sí nos permite ver la relación entre el interior y el exterior. Pero también Mies consigue dos imágenes contrapuestas, según miremos el edificio por fuera, o por dentro. La osatura monumental desde fuera (figura IV.3-38). El techo inmaterial blanco, flotando, desde dentro (figuras IV.3-39 a IV.3-41).



FIGURA IV.3-38  
Crown Hall. Vista exterior con la presencia destacada del esqueleto estructural. Fotografía del autor.

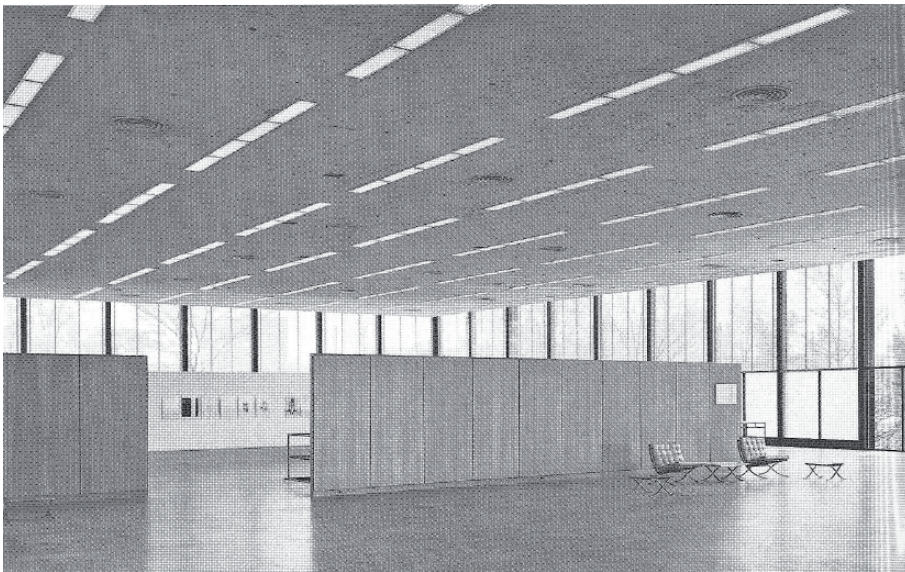


FIGURA IV.3-39  
Crown Hall. Vista interior con el techo en suspensión. Fuente: BLASER, Werner. *Mies van der Rohe. Crown Hall*. Birkhäuser, Berlín, 2001



FIGURA IV.3-40  
Crown Hall. Vista interior con el techo en suspensión. En el interior del gran espacio no hay resto de las vigas monumentales. Y las columnas no intersecan con el techo. No hay alusión al apoyo. Fotografía del autor.



FIGURA IV.3-41

Crown Hall. Fotomontaje del espacio interior que muestra el techo suspendido por la franja de luz horizontal. Fotografía del autor.

El gran espacio diáfano del Crown Hall, situado a 1,8 metros respecto del nivel del terreno, tiene unos 5,50 metros de altura libre. Es el primer edificio del campus elevado sobre el plano de tierra. Pues bien, cuando nos encontramos dentro de ese espacio diáfano vemos una banda inferior de cerramiento, de unos 2,40 metros de altura, de cristal translúcido. Y la banda superior, hasta llegar al techo, es de cristal transparente. Es decir, Mies intenta acotar la visión del espectador desde dentro, de manera que la banda de cristal translúcido cierra visualmente el espacio, entrando el gran caudal de luz por la banda superior de cristal transparente. Esta luz ayuda a suspender visualmente el techo blanco sobre nuestras cabezas. Y para reforzar este efecto está el foseado perimetral del falso techo (figura IV.3-42). Como ocurriera en la Farnsworth, desde dentro no se ve el apoyo entre las columnas y el techo, sino que la sensación es de unas columnas pasantes que no interseccionan con el plano horizontal (figuras IV.3-43 y IV.3-44).

También el suelo de terrazo negro, por su contraste con el techo blanco, ayuda a reforzar su luminosidad. Desde dentro no vemos las vigas monumentales. No vemos la estructura que sostiene al techo. Tenemos la sensación de un techo suspendido. Hay pues también una doble lectura del Crown Hall. Una lectura exterior de estructura monumental y dominante. Una lectura interior de estructura ausente, de ausencia de gravedad. Creo de hecho que en este edificio Mies emplea la luz como nunca antes lo había hecho. Como una especie de relicario de acero y cristal (figuras IV.3-45 y IV.3-46).

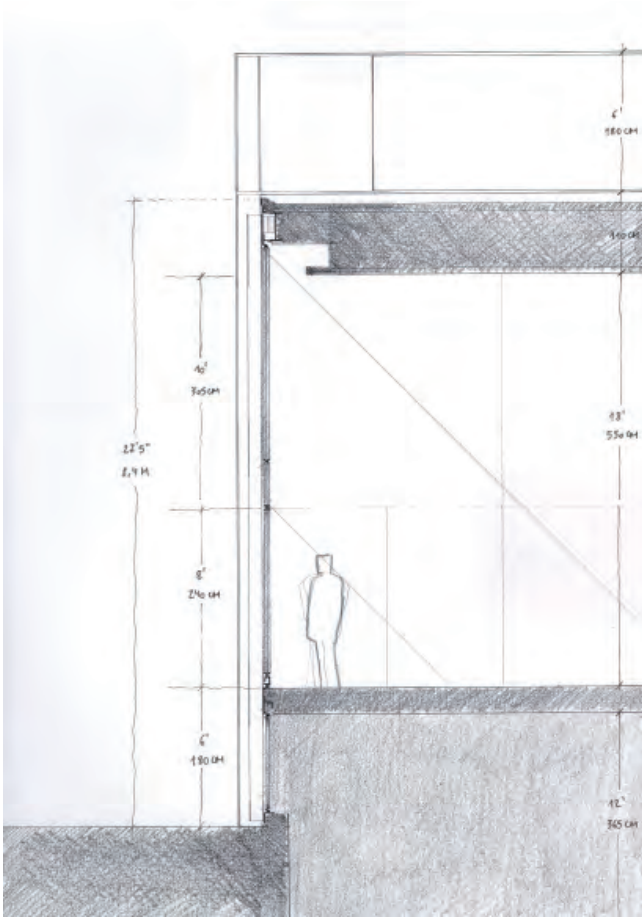


FIGURA IV.3-42  
Crown Hall. Sección longitudinal por la fachada. Foseado perimetral para acentuar el efecto de techo suspendido. Dibujo del autor



FIGURA IV.3-43  
Crown Hall. A la izquierda, arriba, columna pasante que no interseca con el techo. Negación del apoyo. Fotografía del autor.



FIGURA IV.3-44  
Crown Hall. Detalle de esquina con las columnas de la subestructura pasantes, sin tocar al techo. Fotografía del autor.

FIGURA IV.3-45  
Crown Hall. Efectos de luz en el interior. Fotografía del autor.



FIGURA IV.3-46  
Crown Hall. Efectos de luz en el exterior. Fotografía del autor.

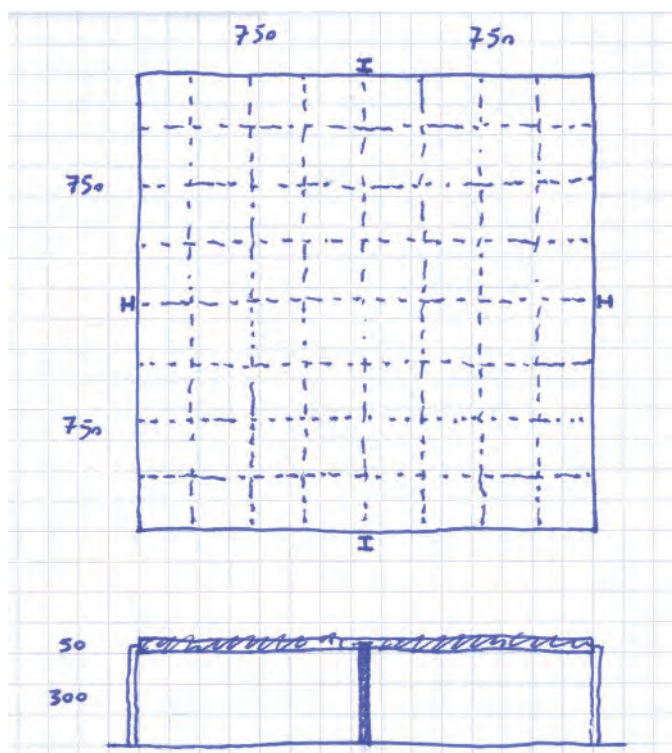


### IV.3.3. MESA MONUMENTAL CON TABLERO SUSPENDIDO Y ESQUINAS LIBERADAS. LA GALERÍA NACIONAL DE BERLÍN

Entre 1950 y 1951, Mies diseña un prototipo de casa como solución al problema para la vivienda de masas, la casa 50'x50'. Aquí propone una casa de cristal, de planta cuadrada, apoyada sobre el terreno, con todo el espacio vividero contenido bajo una única losa de cubierta. El espacio se desarrolla en una planta, con una estructura simple y radical. Aunque esta casa se conoce como casa 50'x50' por sus dimensiones, lo cierto es que Mies estudió diversas soluciones: la Casa de 40'x40', la Casa de 60'x60', adaptables tanto a una sola persona como a una familia completa.

La solución estructural es bien sencilla y radical.<sup>12</sup> La cubierta, cuadrada, apoya sobre sólo cuatro pilares, situados en los puntos medios de sus lados, dejando las cuatro esquinas libres, en voladizo de 25', unos 7,5 metros. La unión entre el pilar y la losa de cubierta es similar al detalle ya empleado en la Casa Farnsworth. El pilar se sitúa por delante, de manera que pareciera que el forjado queda como suspendido por arte de magia.

Y el cerramiento de cristal se enrasa con los bordes del forjado, estableciendo una caja pura de cristal. Bien es verdad que como la casa no se llegó a construir, Mies podía evitar la contradicción que hubiera supuesto la presencia de la carpintería, y que seguramente habría puesto en entredicho la pureza de la solución. La fotografía de la maqueta nos muestra la idea que tenía Mies de este cerramiento. Un cerramiento que desaparece, y que en absoluto se funde con la cubierta, gracias a su transparencia, y a la imagen etérea que le otorga la ausencia de carpintería (figuras IV.3-47 a IV.3-49).



12. Aunque ésta es la solución más conocida, en realidad Mies estudió varias soluciones para esta estructura.
  - Casa con cuatro pilares en los lados medios y las cuatro esquinas en voladizo.
  - Casa con dos pórticos paralelos, y dos vigas de gran canto por fuera de la cubierta.
  - Casa con dos pórticos paralelos y espacio interior con pilares intermedios.
  - Casa con varios pilares exteriores en los cuatro lados.
  - Casa con varios pilares en dos de sus lados, y un único pilar en los otros dos lados.
  - Cubierta hecha con losa nervada a base de platabandas de acero, reforzada por una cruceta central con sección triangular.
  - Cubierta con losa nervada a base de platabandas de acero, reforzada por una cruceta central de vigas en I.
  - Cubierta con losa nervada a base de vigas en I de acero, reforzada por una cruceta central también en I.
  - Cubierta con losa unidireccional de vigas en I de acero, reforzada por una cruceta central también de vigas en I.

Fuente: SCHULZE, Franz. *The Mies van der Rohe Archive. Vol. 1-20.* Museum of Modern Art, Nueva York, 1992

La tesis doctoral del profesor Fernando Casqueiro, *La lógica del gran espacio*, analiza en profundidad las distintas versiones que Mies desarrolló para la casa 50'x50', hasta llegar a la solución estructural más eficaz. El autor también analiza como este modesto pabellón residencial evoluciona hacia la estructura horizontal más grande concebida hasta la fecha sin pilares intermedios, la Galería Nacional de Berlín.

Fuente: CASQUEIRO BARREIRO, Fernando. *La lógica del gran espacio. Las salas y pabellones americanos de Ludwig Mies van der Rohe.* Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, 2001

FIGURA IV.3-47  
Casa 50'x50'. Planta de cubierta y alzado. Dibujo del autor.

FIGURA IV.3-48

Casa 50'x50'. Solución definitiva. Mesa con las esquinas liberadas y cerramiento de vidrio enrasado con el forjado de cubierta. Fuente: SCHULZE, Franz. *The Mies van der Rohe Archive. Vol. 1-20.* Museum of Modern Art, Nueva York, 1992

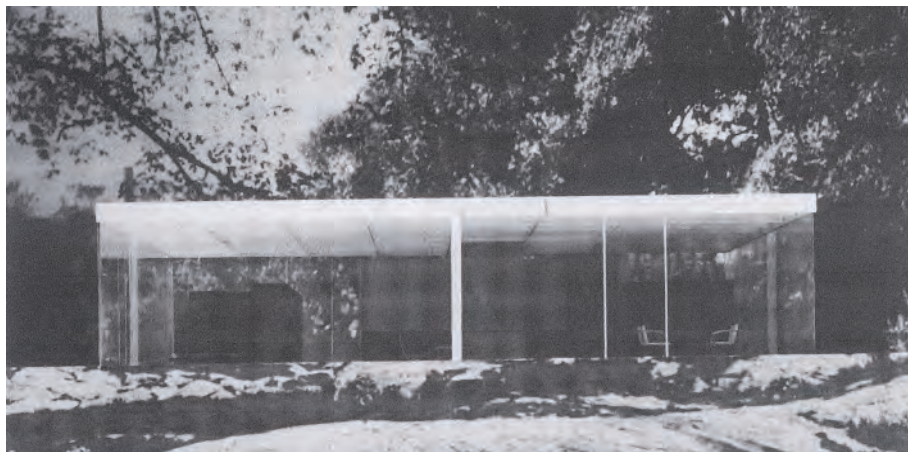


FIGURA IV.3-49

Casa 50'x50'. Solución con vigas de canto por encima de la cubierta. Fuente: SCHULZE, Franz. *The Mies van der Rohe Archive. Vol. 1-20.* Museum of Modern Art, Nueva York, 1992



De aquí en adelante, Mies recurrirá en varias ocasiones a este esquema estructural de mesa cuadrada con las esquinas liberadas cubriendo un espacio diáfano. Pero a diferencia de la Casa 50'x50', el cerramiento de vidrio se retranqueará, para liberar las columnas. Una liberación de columnas que Mies pone en práctica en la mayoría de sus torres (figura IV.3-50).

FIGURA IV.3-50

Planta baja de un rascacielos de Mies. Típica solución de esquina. El cerramiento del vestíbulo se retranquea para liberar las columnas. Fotografía del autor.



Veamos varios ejemplos de estructuras tipo mesa con las esquinas liberadas.

- El Convention Hall, Chicago, 1953-1954 (figuras IV.3-51 y IV.3-52)
- Las Oficinas Bacardi, Santiago de Cuba, 1957 (figura IV.3-53)
- El Museo Schaefer, Schweinfurt, 1960-1963 (figura IV.3-54)

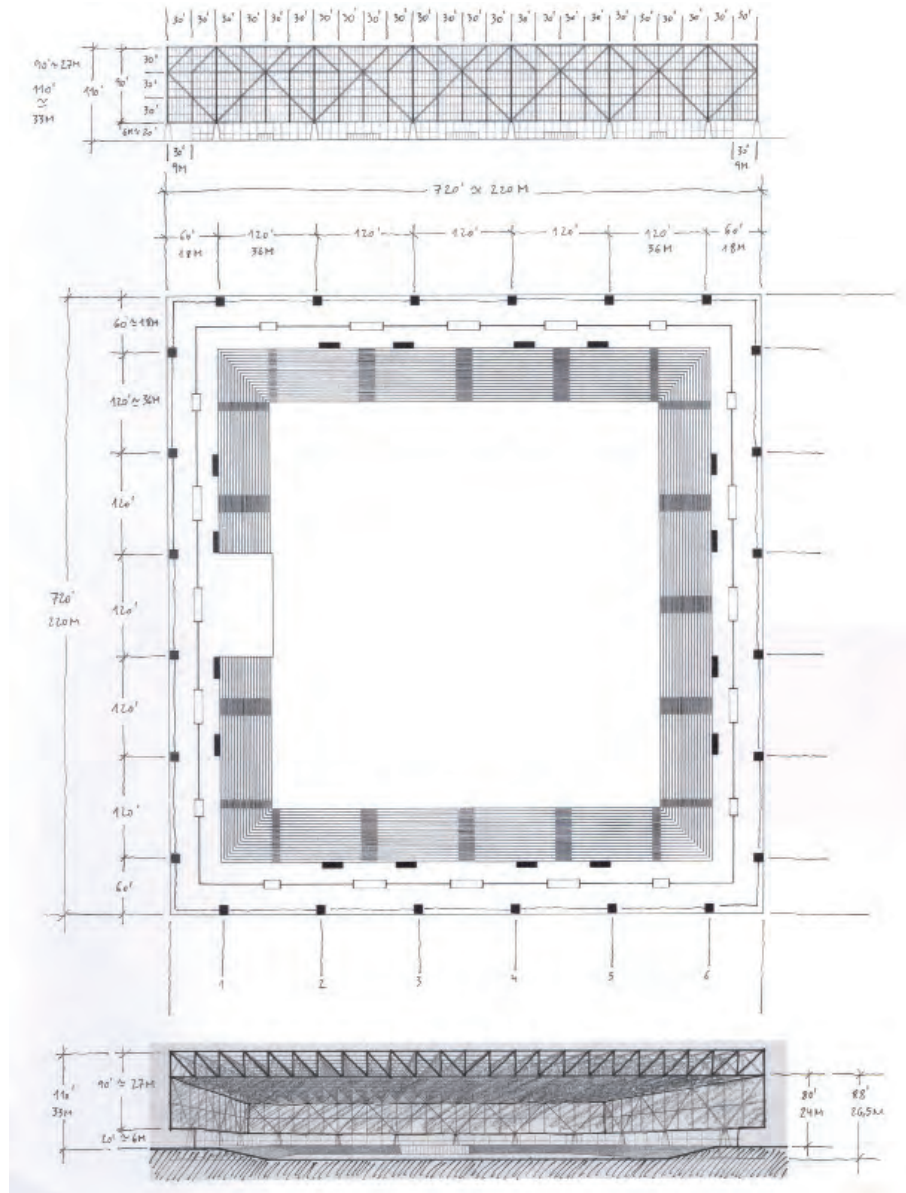


FIGURA IV.3-51  
Convention Hall, Chicago, 1953-1954. Dibujos del autor sobre planimetría de MvdR. Edificio de exposiciones y congresos para 50.000 espectadores. Una estructura total, vista por fuera y por dentro. Mies proyecta un gran espacio diáfano dentro de una caja monumental de 220x220 metros, y 27 metros de altura. Esta caja se eleva 6 metros del suelo. La enorme estructura se apoya en 24 puntos, 6 columnas en cada lado, con una distancia entre ellas de 36 metros, y dejando las esquinas en voladizo de 18 metros. El cerramiento de cristal en planta baja se retranquea 9 metros, respecto de la fachada. Al entrar, el suelo desciende en graderío unos 2,5 metros. Mies ensayó varias soluciones para esta estructura.

1. Estructura de acero con apoyos ramificados que descansan en perfiles H de acero.
2. Estructura de acero con apoyos en columnas compuestas de acero.
3. Estructura de acero sobre columnas cruciformes de hormigón.
4. Estructura de acero sobre columnas troncopiramidales de hormigón. Dado que la normativa antiincendios exigía que los primeros seis metros desde la base del pilar fueran ignífugos se optó por la solución de hormigón armado para los apoyos. En cuanto a la estructura de la cubierta, está formada por cerchas en las dos direcciones, con acero no ignífugado, ensambladas a partir de perfiles en H de 35 cm. La gran estructura tridimensional de cubierta, de 9 metros de altura, apoya en las cuatro fachadas, compuestas a su vez por enormes cerchas de 18 metros de altura. En el proceso de proyecto vemos como Mies ensaya al menos tres soluciones para estos voladizos: Voladizo de cuatro módulos, de tres módulos y de dos módulos.

El cerramiento se insertó entre los elementos estructurales para que las fachadas fueran idénticas por dentro y por fuera. Fuente: CARTER, Peter. *Mies van der Rohe trabajando*. Phaidon, London, 2006.

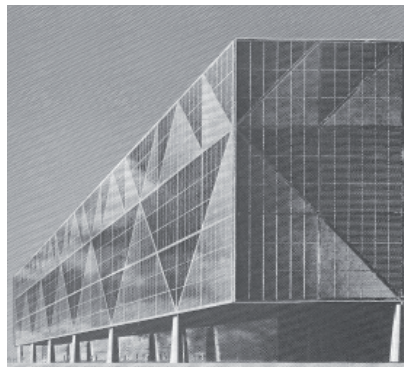


FIGURA IV.3-52  
Convention Hall. Esquina sin columna. Fuente: BLASER, Werner. *Mies van der Rohe*. Zanichelli, Bolonia, 1977

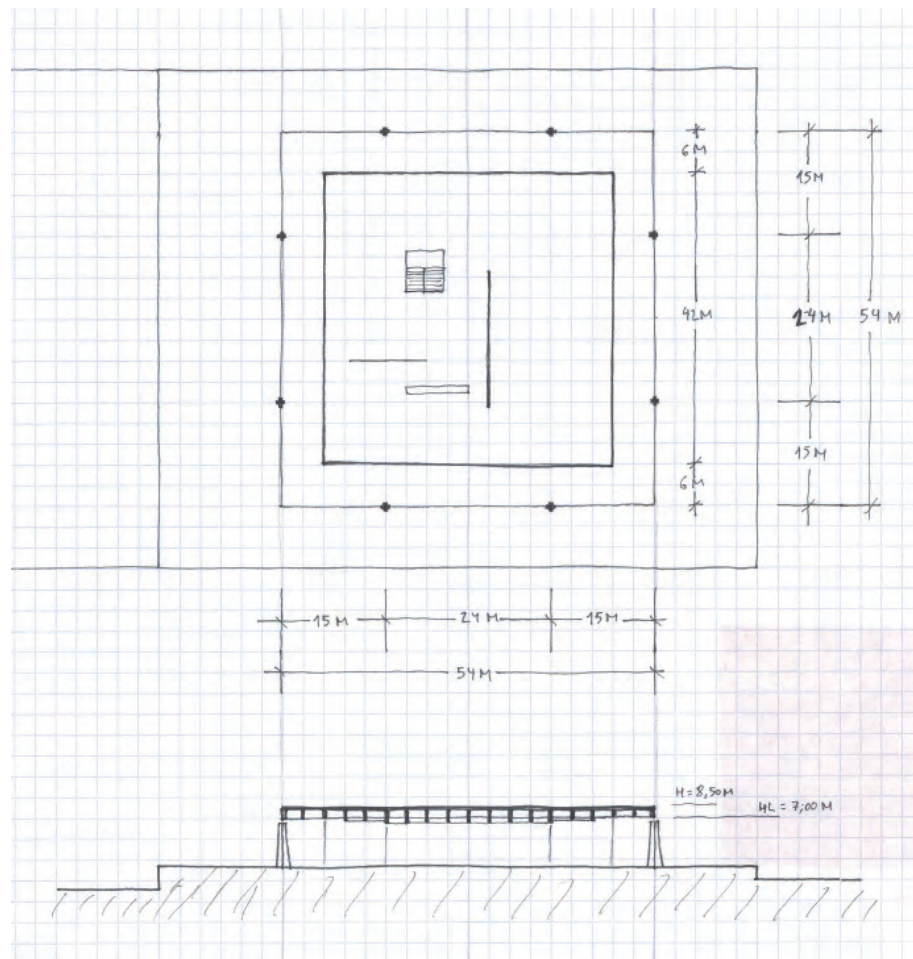
FIGURA IV.3-53

Oficinas Bacardi, Santiago de Cuba, 1957. Dibujo del autor.

Los problemas de corrosión de la isla, y la economía del lugar, le hicieron elegir una estructura de hormigón armado. La cubierta, de 54x54 metros, está formada por una losa nervada de vigas pretensadas de hormigón armado, dispuestas cada 3 metros, con canto variable, y apoyada en su perímetro por ocho columnas cruciformes de 7 metros de altura, con perfil troncopiramidal, dejando libres las esquinas. Como en el Convention Hall, Mies vuelve a plantear la solución de columna cruciforme en hormigón, con sección creciente hacia la base, pasando de una cruz de 120x120 cm en la base, a 90x90 cm en el apoyo, en rótula. Mies vuelve a recuperar el apoyo en rótula que ya utilizara en su proyecto para el Pabellón de Alemania en la Exposición Universal de Bruselas de 1934.

El espacio horizontal es completamente diáfano. Un edificio que es toda estructura apoyado sobre un podio. La monumentalización de la estructura no es sólo cuestión de tamaño, sino también de orden y disposición. La elevación de la estructura a la categoría de arte. La colocación de la estructura sobre el pedestal. El peristilo clásico queda actualizado a las dimensiones del hormigón armado. (Recordemos que las columnas del Partenón se disponen cada 4,3 metros aprox. y miden unos 10,4 metros de altura. Aquí estamos hablando de columnas distanciadas 24 metros, de 7 metros de altura y voladizos en esquina de 15 metros). Es evidente que las proporciones han cambiado. De la verticalidad del intercolumnio de piedra a la horizontalidad que conlleva el intercolumnio de hormigón armado.

Cuestión fundamental en este proyecto es que el cerramiento de vidrio se retranquea 6 metros respecto al borde de la cubierta, dejando un espacio abierto cubierto, en sombra, muy adecuado para la protección frente al sol de la isla. Este retranqueo tiene la misma función que el que Mies siempre hacía en las plantas bajas de sus torres. Liberar las columnas, y con ellas, la estructura al completo.



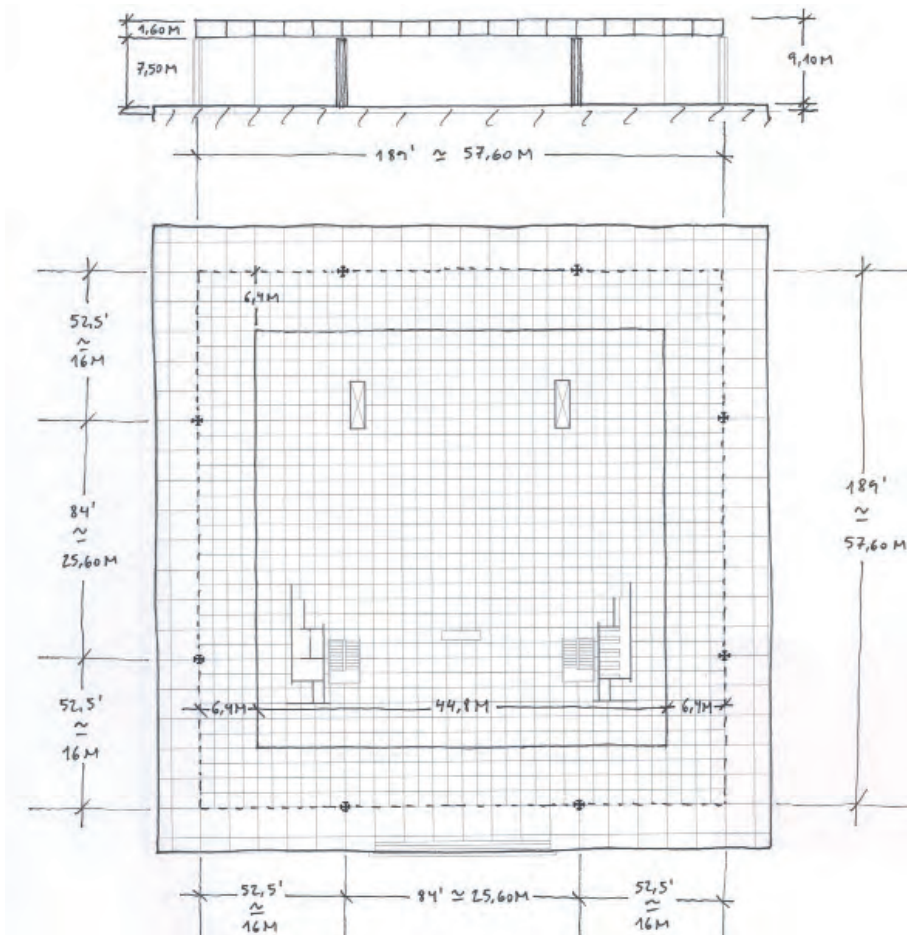


FIGURA IV.3-54  
 Museo Schaefer, Schweinfurt,  
 1960-1963. Dibujo del autor  
 sobre planimetría de Rolf D.  
 Weisse.

Estructura tipo mesa monumental sustentada por ocho columnas, con las esquinas libres, el cerramiento de vidrio retranqueado, y un espacio interior diáfano, universal. Tipología en la línea de las oficinas Bacardi en Cuba pero con la estructura de acero. Las columnas son cruciformes y rectas. Las dimensiones son ligeramente superiores a las del edificio de Cuba. Mayor dimensión de la cubierta, que pasa de los 54 metros de lado en Cuba a los 57,60 metros de lado en este caso. Mayor distancia entre columnas, 25,60 metros frente a los 24 metros anteriores. Mayores voladizos de esquina, 16 metros frente a 15 metros. Y mayor altura libre, 7,50 metros frente a 7 y mayor canto de la cubierta, 1,60 metros frente a los 1,50 metros de las oficinas de Bacardi en Cuba. Sólo las columnas se estilizan. Frente a las gruesas columnas de hormigón de Cuba, las columnas más estilizadas de acero negro en este caso. La losa de cubierta está formada por una retícula de vigas de acero cada 3,2 metros en las dos direcciones.

Fuente: DOIMO, Martino. *Arte muraria spazio tettonica. Mies, Bacardi Building Cuba*. Ed. Canova, Treviso, 2009; y WEISSE, Rolf D. *Mies van der Rohe. Vision und Realität. Von der Concert Hall zur Neuen Nationalgalerie*. Strauss Verlag, Potsdam, 2001

Ni la casa 50'x50', ni el Convention Hall, ni las Oficinas Bacardi de Santiago de Cuba ni el Museo Schaefer se pusieron en pie. Pero todos estos proyectos le sirvieron a Mies como ensayo para una estructura diáfana tipo mesa con las esquinas liberadas.

Como contraste a esta solución, Mies proyectó y construyó dos pabellones, la Oficina de Correos del Federal Center de Chicago, 1959-1964, y el Banco del Toronto Dominion Center, 1963-1969. A diferencia de las anteriores propuestas, aquí las esquinas no están liberadas, ni el cerramiento retranqueado.

El edificio de correos del Federal Center es una caja cuadrada, de 60x60 metros, sostenida por pilares cruciformes, tanto en los lados del cuadrado como en las esquinas y el interior. Y el cerramiento en este caso se alinea con la estructura de la fachada, a eje con las columnas, que quedan parcialmente embebidas en el cerramiento (figuras IV.3-55 a IV.3-57).

FIGURA IV.3-55  
Oficina de Correos del Federal Center. Planta y alzado. Dibujo del autor.

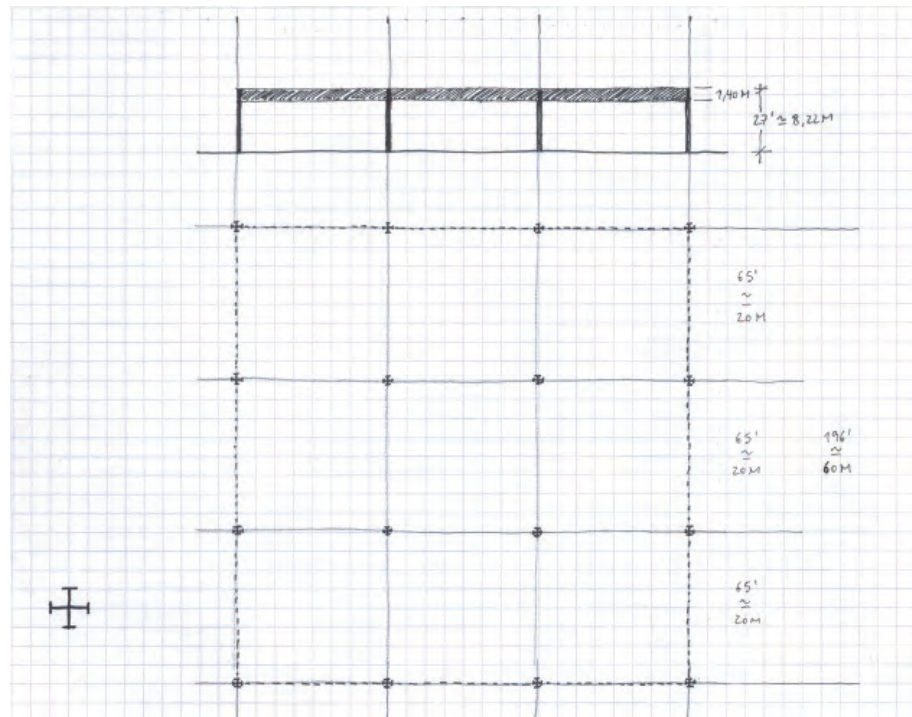
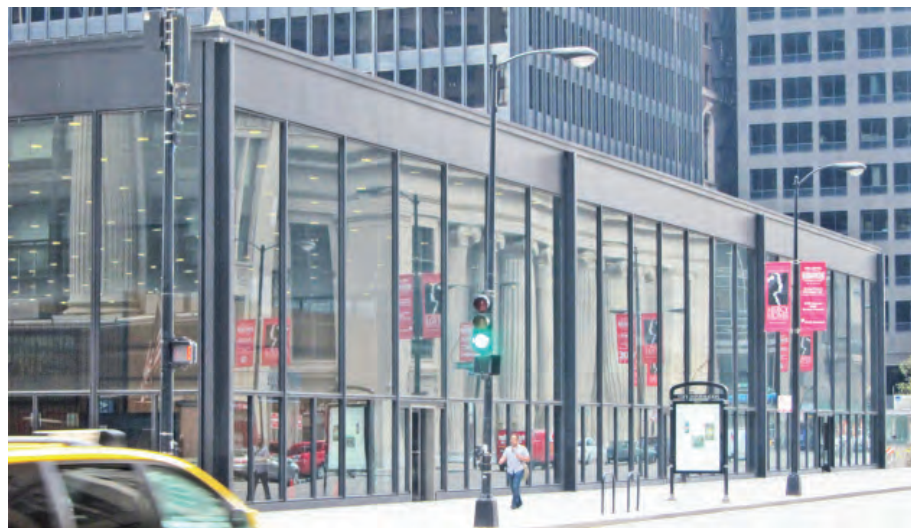


FIGURA IV.3-56  
Oficina de Correos del Federal Center. Esquina. Fotografía del autor.



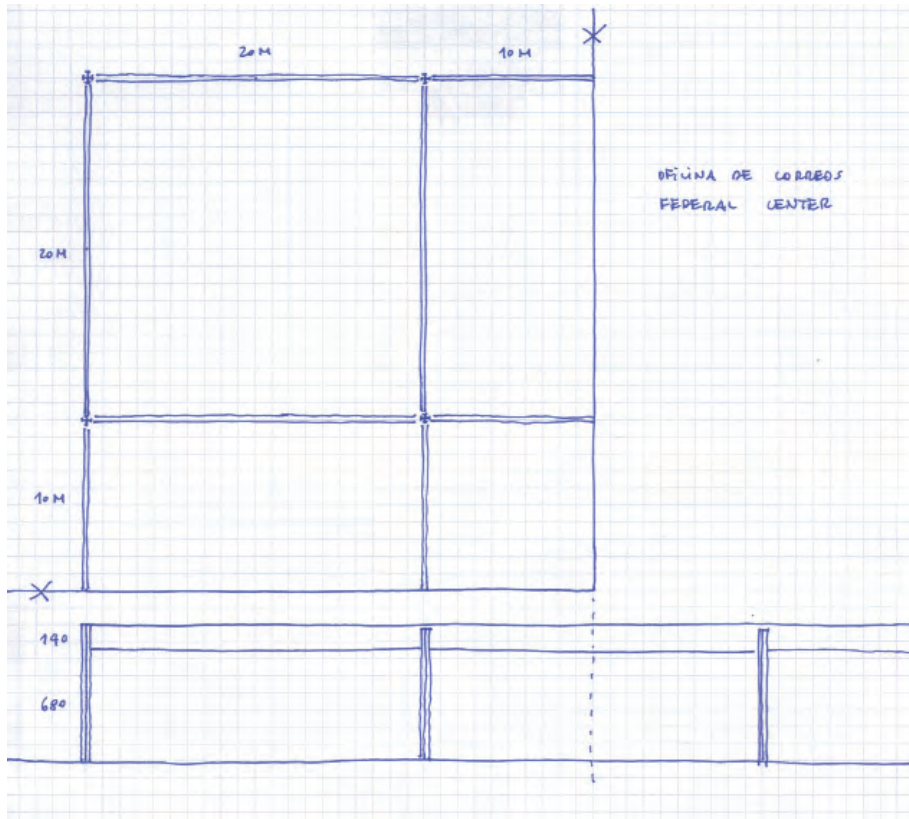


FIGURA IV.3-57  
 Oficina de Correos del Federal  
 Center. Esquema estructura.  
 Dibujo del autor.

El Banco del Toronto Dominion Center es un pabellón de una sola planta libre de columnas interiores, que se apoya perimetralmente en pilares cruciformes de acero dispuestos cada tres metros. También aquí el cerramiento se alinea con la estructura de fachada (figuras IV.3-58 a IV.3-61).

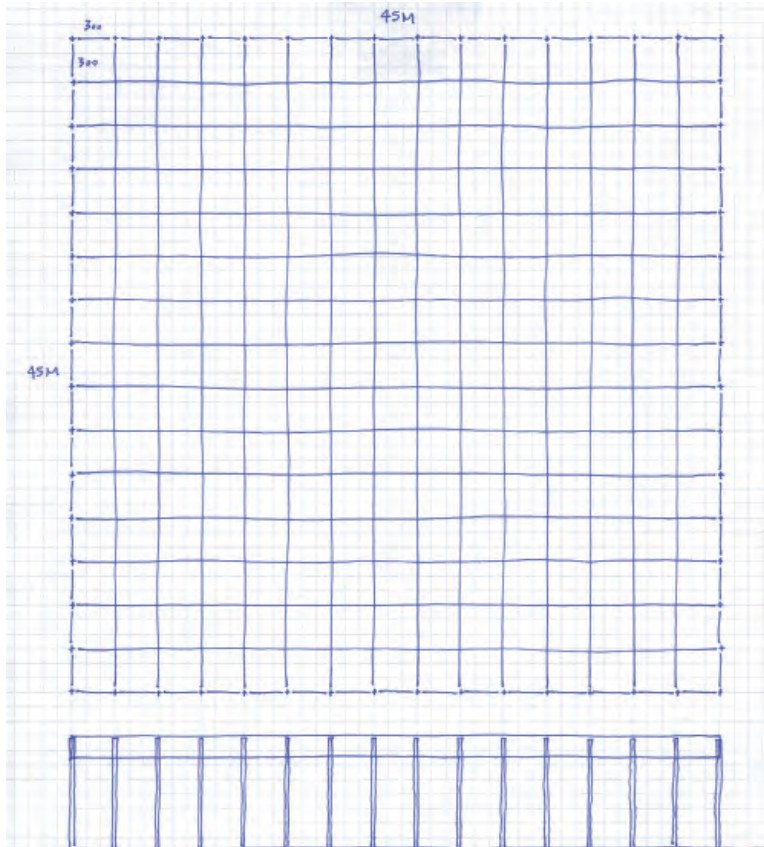
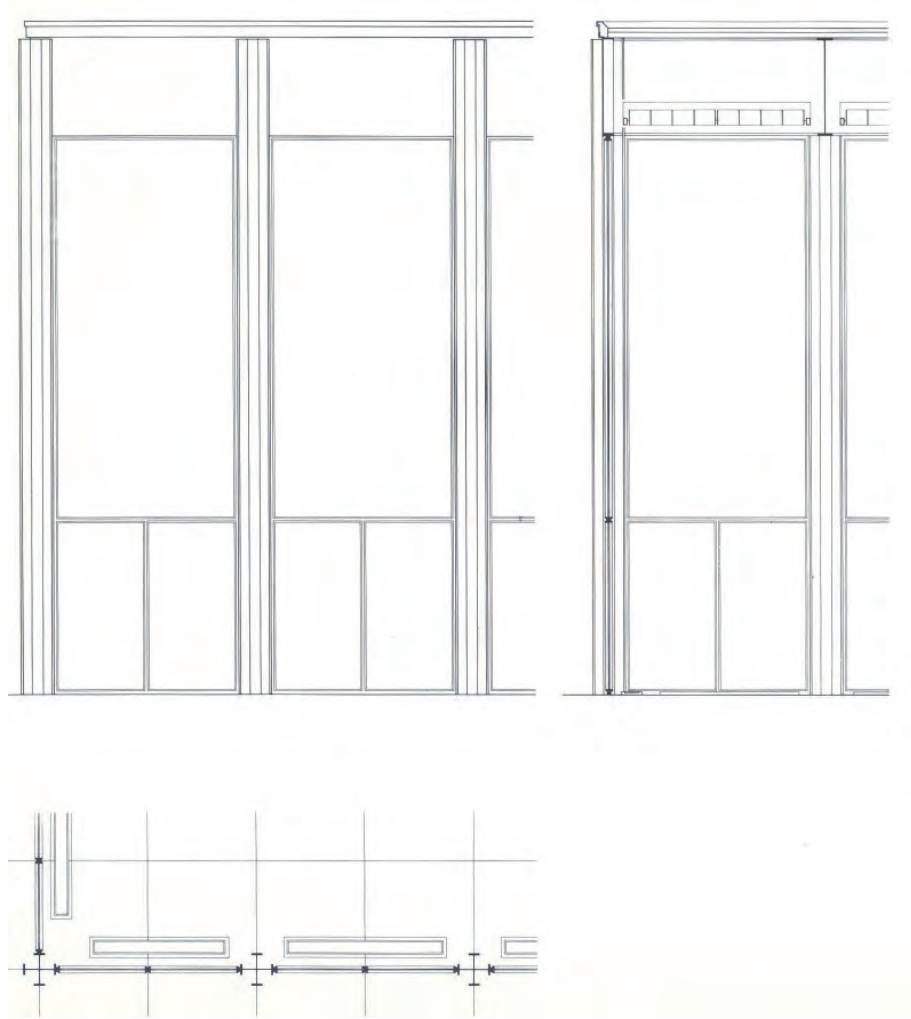
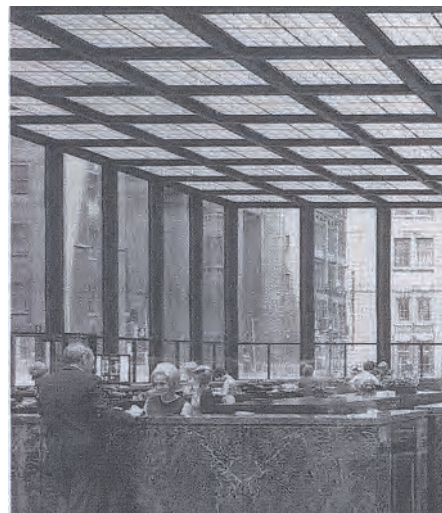


FIGURA IV.3-58  
 Pabellón del Toronto Dominion  
 Center. Esquema estructura.  
 Dibujo del autor.

FIGURA IV.3-59  
Pabellón del Toronto Dominion  
Center. Detalle de esquina.  
Fuente: SPAETH, David. *Mies  
van der Rohe*. Rizzoli Interna-  
tional Publications, Nueva York,  
1985



FIGURAS IV.3-60 y IV.3-61  
Pabellón del Toronto Dominion  
Center. Fotografía de esquina  
y rincón. Fuente: CARTER,  
Peter. *Mies van der Rohe traba-  
jando*. Phaidon, London, 2006.



Mies está proponiendo para sus pabellones dos soluciones diferentes. En la primera solución las esquinas desaparecen. Pues ni hay columna de esquina, ni hay cerramiento. En la segunda las esquinas están sólidamente configuradas.

Y será en la Galería Nacional de Berlín cuando puede llevar a la práctica su solución de mesa monumental con las esquinas liberadas (figuras IV.3-62 y IV.3-63).

En 1962 recibió este encargo para alojar la colección de arte del siglo XX de la ciudad de Berlín. Y su propuesta fue un espacio único fluido, diáfano, sin columnas, abierto, en el que los cuadros y esculturas se podrían disponer libremente en relación al paisaje circundante. Una gran mesa monumental sobre un podio. Una enorme cubierta cuadrada sostenida por ocho columnas cruciformes, con las esquinas liberadas, y el cerramiento de vidrio retranqueado respecto al borde de la cubierta. Y bajo la cubierta, un enorme espacio, todo espacio, sin columnas. Sólo un par de cajas de escaleras con sus ascensores, y un par de conductos rectangulares que alojan las instalaciones. Este será el espacio destinado a las exposiciones temporales.

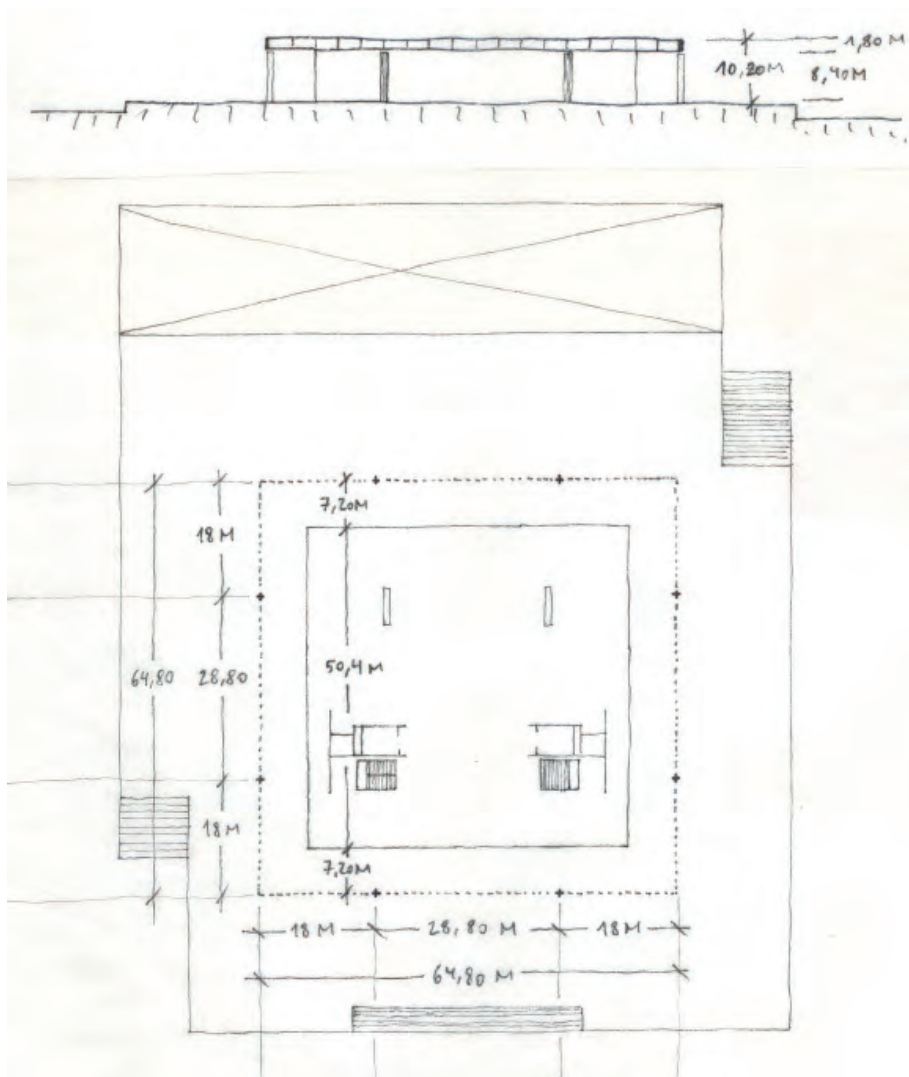


FIGURA IV.3-62  
Galería Nacional de Berlín,  
1962-1969. Mesa monumental  
sobre un podio. Dibujo del autor.

FIGURA IV.3-63  
Galería Nacional de Berlín.  
Fuente: CARTER, Peter. *Mies van der Rohe trabajando*. Phaidon, London, 2006.



Para resolver la pendiente del terreno, el edificio se dispone sobre un enorme podio, y en el interior de ese podio se colocan todos los usos que no podía alojar el gran espacio diáfano principal. La colección permanente del museo, las oficinas, almacenes y otros espacios de servicio. Y en el patio exterior que deja el podio a sus espaldas se sitúa el museo de escultura al aire libre. La estructura de la planta sótano es una retícula de pilares de hormigón armado. Aquí se emplean las particiones necesarias para separar los diversos usos. Y en la planta superior la gran estructura monumental de acero.

La cubierta es un cuadrado de 64,80 metros de lado, de acero soldado, compuesta por una retícula ortogonal de vigas de alma llena vistas, sin protección ignífuga de hormigón. Las vigas, de 1,80 metros de canto, están dispuestas cada 3,60 metros. En la parte superior la retícula está cubierta por una placa de compresión continua, reforzada en la cara inferior mediante nervios de acero que impiden el pandeo. La cubierta se dispone a 8,40 metros sobre el nivel del podio, y se apoya en ocho pilares ahusados cruciformes de acero, a los que se transmite la carga mediante uniones articuladas. En el centro de cada lado, en el centro del cuadrado y en las cuatro esquinas de la cubierta se introdujo una contraflecha para contrarrestar la flexión normal.

Comenzábamos este último apartado hablando de la Galería Nacional de Berlín como una mesa con las esquinas liberadas. Pero es algo más. Es una mesa que parece flotar. Es una cubierta suspendida en el aire (figuras IV.3-64 a IV.3-67).

FIGURA IV.3-64  
Galería Nacional de Berlín.  
Esquina en voladizo y con el cerramiento de vidrio retranqueado.  
Fotografía del autor.





FIGURA IV.3-65  
Galería Nacional de Berlín. Es-  
quina en voladizo y con el cerra-  
miento de vidrio retranqueado.  
Fotografía del autor.

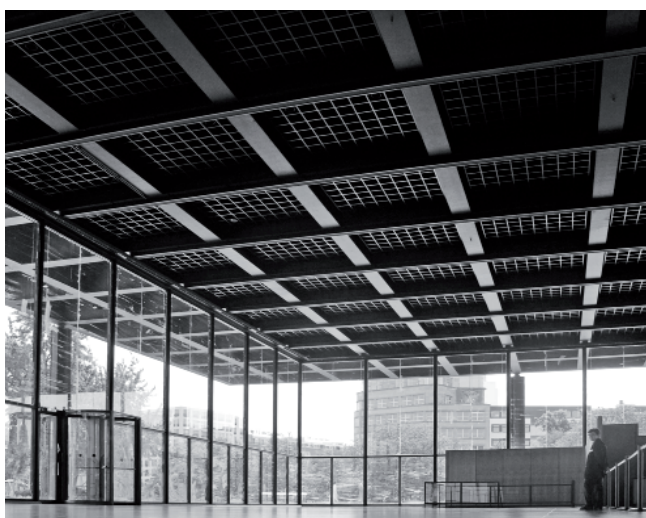


FIGURA IV.3-66  
Galería Nacional de Berlín.  
Vista interior con el techo sus-  
pendido en el aire. Fotografía  
del autor.



FIGURA IV.3-67  
Galería Nacional de Berlín. La  
franja continua de luz horizon-  
tal ayuda a reforzar el efecto de  
techo suspendido en el aire .  
Fotografía del autor.

Aquí Mies decide quitar las cuatro columnas de las esquinas, para dejarlas trabajando en voladizo, y consigue así poner en pie la idea que comenzó a gestar con su proyecto de Casa de 50x50 pies (figura IV.3-48). Qué diferente es la esquina de la Galería Nacional de Berlín, cuando la comparamos con la del edificio de correos del Federal Center (figura IV.3-56), o la del Pabellón del Toronto Dominion Bank (IV.3-60).

Pero podemos ir más allá. Comparemos la esquina volada de la Galería de Berlín con la esquina volada del Club Náutico de Vilanova Artigas en Sao Paulo, ambas realizadas con materiales que son capaces de trabajar a flexión (figura IV.3-68).

FIGURA IV.3-68  
Club náutico, Sao Paulo, 1961.  
Arquitecto, Vilanova Artigas. El cambio de sección en la viga de esquina está expresando las solicitaciones a las que se está sometiendo. Fuente: Revista 2G, número 54, Gustavo Gili, 2010



FIGURA IV.3-69  
Galería Nacional de Berlín. La viga de esquina permanece con canto constante. Fotografía del autor.



Vilanova Artigas también quita como Mies el pilar de esquina, pero a cambio, coloca una viga triangular, con el canto creciente, más ligero en su borde, y más robusto en el apoyo, donde los esfuerzos son mayores. Esta viga nos está contando los esfuerzos que van por dentro, nos está diciendo con el progresivo aumento de su canto que está trabajando en voladizo. Sin embargo la losa que emplea Mies permanece horizontal y con su canto constante (figuras IV.3-69 y IV.3-70). No hay aquí expresión del esfuerzo, y da la sensación de que el edificio ha asumido la pérdida del pilar de esquina sin apenas inmutarse. Mies consigue con un canto relativamente pequeño, 1.80 metros, un voladizo sorprendente de 18 metros de longitud. El voladizo de Vilanova Artigas es expresivo, no flota tanto como el voladizo de Mies, que es abstracto. Vilanova Artigas sustituye un pilar por una viga acodalada, pero a Mies parece que alguien le ha robado el pilar de esquina, y que aún así, por arte de magia, el edificio se mantiene en pie.

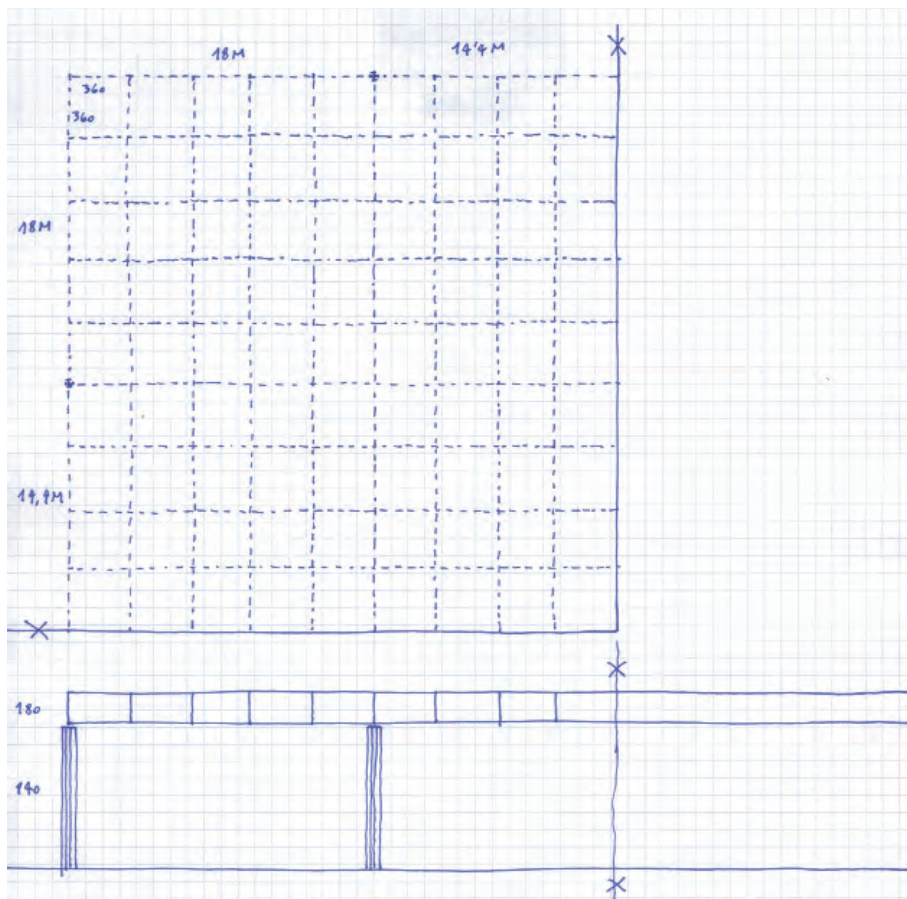


FIGURA IV.3-70  
Galería Nacional de Berlín.  
Detalle de esquina en planta y alzado. El voladizo de 18 metros se resuelve con una losa de canto constante de 1,8 metros. Dibujo del autor.

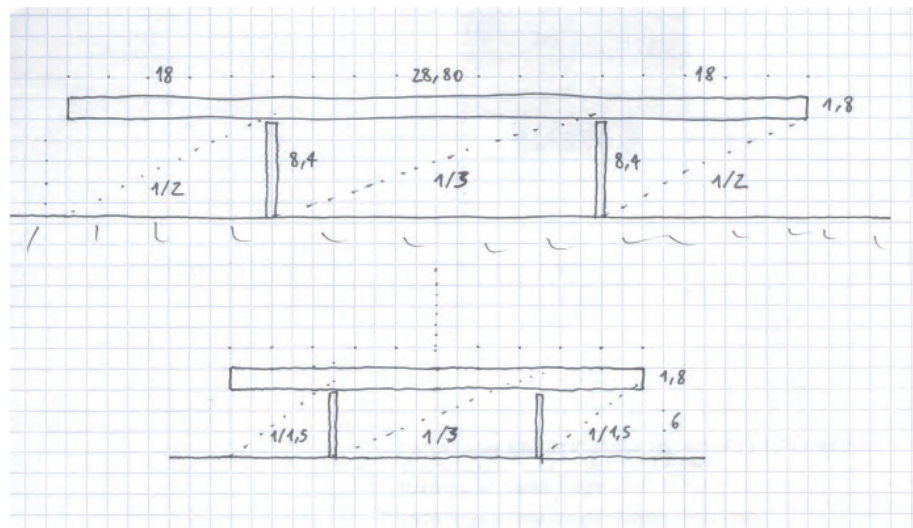
También podemos comparar la Galería Nacional de Berlín con el edificio Bacardi en Bermuda, proyectado por uno de sus seguidores, Ricardo Equilior (figura IV.3-71).

FIGURA IV.3-71  
Edificio Bacardi, Bermuda.  
Arquitecto Ricardo Equilior.



El edificio Bacardi en Bermuda, 1972, es una versión de la Galería Nacional de Berlín (figura IV.3-72). El alzado principal mide 36 metros de longitud, frente a los 64,8 metros de la Galería Nacional de Berlín. La distancia entre columnas es 18 metros, frente a los 28,80 de la Galería Nacional de Berlín. Y los voladizos laterales son de 9 metros, frente a los 18 metros de voladizo de la Galería Nacional de Berlín. Pero no es sólo una cuestión de dimensiones lo que diferencia a los dos edificios. Sino una cuestión de proporciones. En ambos casos el espesor de la cubierta es aproximadamente 1,8 metros, por lo que la esbeltez de la cubierta de Berlín es mayor a la esbeltez de la cubierta de Bermuda. Y la proporción del voladizo es también superior en Berlín;  $1/2$  frente a  $2/3$ . La cubierta de Berlín y su voladizo son más ligeros.

FIGURA IV.3-72  
Comparativa entre la Galería Nacional de Berlín, arriba, y el Edificio Bacardi de Bermuda, debajo. En Berlín, la losa en vuelo tiene una proporción  $10/1$ ; 18 metros de voladizo y 1,8 metros de espesor. En Bermuda la proporción es  $5/1$ ; 9 metros de voladizo y 1,8 metros de espesor. El voladizo de Berlín es el doble de esbelto. Dibujo del autor.



Pero vayamos al detalle de apoyo. Fijémonos cómo en el edificio de Bermuda el contacto entre cubierta y columna es directo (figura IV.3-73). Y sin embargo en Berlín hay una sombra que refuerza el efecto de suspensión en el aire. Que finge una falta de contacto entre techo y columna (figuras IV.3-74 y IV.3-75). Ya en el Pabellón de Bruselas de 1934 Mies estudió un tipo de apoyo que minimizaba el punto de transición entre viga y columna (figura IV.3-76). Y aquí la lleva definitivamente a la práctica.



FIGURA IV.3-73  
Edificio Bacardi, Bermuda.  
Detalle de nudo techo-columna  
en continuidad.



FIGURA IV.3-74  
Galería Nacional de Berlín.  
Encuentro techo-columna en  
sombra, en discontinuidad.  
Fotografía del autor.

FIGURA IV.3-75

Galería Nacional de Berlín.  
Detalle de nudo techo-columna.  
Una rótula articulada que no transmite momentos. Fuente: WEISSE, Rolf D. *Mies van der Rohe. Vision und Realität. Von der Concert Hall zur Neuen Nationalgalerie.* Strauss Verlag, Potsdam, 2001

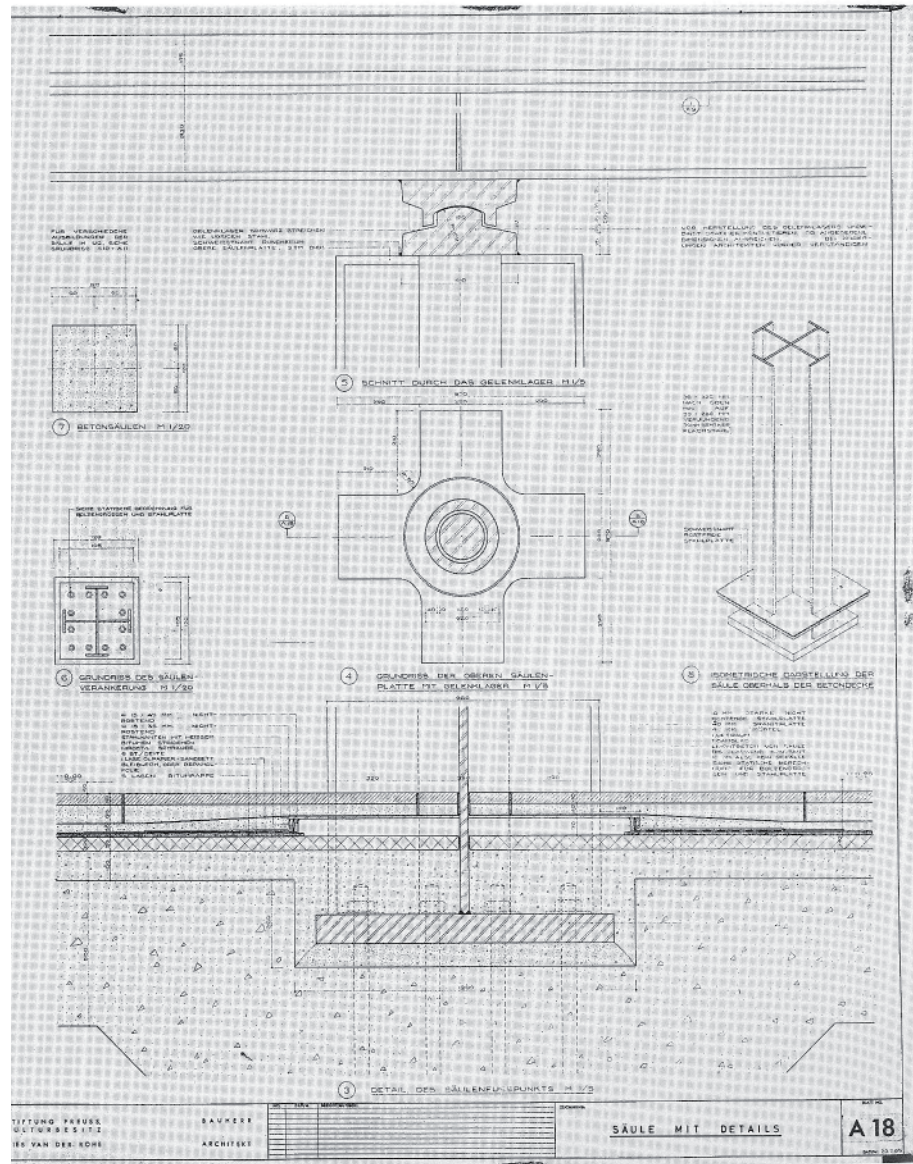
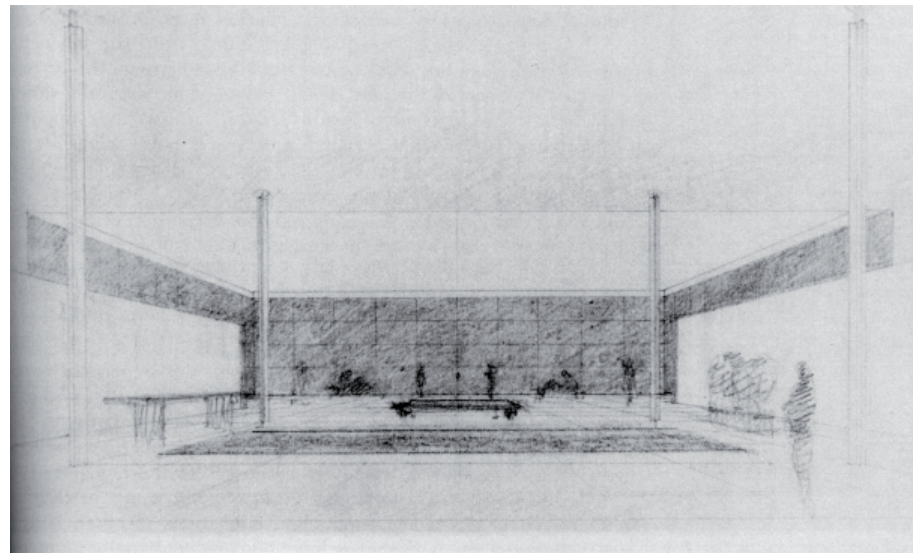


FIGURA IV.3-76

Pabellón de Alemania en Bruselas, 1934. Las columnas cruciformes se prolongan con una especie de pletina para minimizar el contacto entre techo y columna. Fuente: JOHNSON, Philip. *Mies van der Rohe.* The Museum of Modern Art, New York, 1978.



Recordemos estas palabras de Viollet le Duc, cuando habla del ábaco de la columna dórica (figura III.1.46):

*“El ábaco del capitel muestra la mayor parte del día una sombra sobre la parte superior de la columna que no permite distinguir la unión del capitel con la columna. La sombra debajo del ábaco es dura y la parte superior de la columna no puede ser apreciada por el ojo, y parece entonces que el arquitrabe no descansa sobre una forma sólida. Y para resolver este efecto viene el equino con su forma curva, de modo que en los puntos de tangencia el extremo curvado del equino recibe también luz. Y así se funde la luz demasiado viva del ábaco con la sombra demasiado marcada que proyecta sobre el fuste de la columna. Y el equino se inclina para que su superficie reciba tanta luz como sea posible, bien directa del sol, bien de los reflejos del suelo o de los muros vecinos”.*<sup>13</sup>

En la Galería Nacional de Berlín Mies hace justo lo contrario. La rótula, el capitel que marca la transición entre techo y columna queda oculta en la sombra, para reforzar aún más el efecto de techo suspendido.

Aquí Mies se sitúa en la tradición de Santa Sofía (figura III.3-33), de la capilla Pazzi (figura III.3-41), o de tantos otros ejemplos en la historia de la Arquitectura, que disponen los pesos en el aire (figura IV.3-77).

13. VIOLLET LE DUC. *Conversaciones sobre la Arquitectura*. Volumen I. Consejo General de la Arquitectura Técnica de España, Madrid, 2007. Traducción de Maurici Pla. Primera Edición, París, 1863.



FIGURA IV.3-77  
Galería Nacional de Berlín.  
Detalle de apoyotecho-columna.  
Fotografía del autor.



## V. CONCLUSIÓN



## V.1. LOS TRES MECANISMOS ESTRUCTURALES DE MIES

Comenzaba esta tesis de la mano de varios autores que defienden la belleza de las estructuras desnudas; Karl Scheffler, Hans Haacke, Catherine Opie, Erich Mendelsohn, Louis Kahn, y Arthur Schopenhauer, entre muchos otros.

Y es que “la estructura es algo más que sólo transmisión de las cargas”.<sup>1</sup>

Se han establecido tres ideas. Tres maneras de trabajar con la estructura. Estructuras a la Vista, Estructuras Ocultas, y Estructuras Ilusorias. Y se ha comprobado cómo estas tres ideas son mecanismos básicos en la Historia de la Arquitectura.

### ESTRUCTURAS A LA VISTA

Viollet le Duc, en sus *Conversaciones sobre la Arquitectura*, defiende que “*la arquitectura del templo clásico griego es como un cuerpo desnudo cuyas formas visibles están claramente relacionadas con la estructura*”. Y así es en gran parte. Los arquitectos de la Grecia clásica decidieron colocar una hilera de columnas alrededor de sus templos, de manera que el peristilo, con el arquitrabe y el frontón, se convirtieron en imagen de su arquitectura. Tan importante era el peristilo que, según Spyro Kostoff, se construía éste antes que la cella.

Continúa Viollet le Duc describiendo la configuración de la estructura del templo griego y la actitud del arquitecto griego, que “*quiere mostrar a los ojos de todo el mundo que las distintas partes de su monumento cumplen una función útil y necesaria. No le basta que el monumento sea sólido, quiere además que lo parezca*”. Y Hegel, en sus *Lecciones sobre la Estética*, también defiende que “*lo peculiar de la arquitectura griega es que configura el sustentar como tal*” y habla de la relación entre arquitrabe y columna como expresión de un “*descansar y sustentar*”.

El detalle de la inclinación del equino, descrito por Viollet le Duc, muestra cómo el arquitecto griego recurre a sutiles mecanismos para expresar la estructura con claridad. Para evitar que la unión entre el ábaco y el fuste quedara en la sombra, dando la impresión de un arquitrabe descansando sobre una forma no sólida, el equino se inclina para recibir la luz, de manera que se viera con claridad la unión del capitel con la columna (figura III.1-46, página 90).

Vitruvio, cuando describe la configuración del templo griego, establece todo un vocabulario de formas ligadas a la columna. Según la configuración del peristilo, tenemos el templo in antis, próstilo, anfipróstilo, períptero, pseudóptero, díptero e híptero. Según el número de columnas hay otra clasificación. Y también según la proporción del intercolumnio; templo picnóstilo, sístilo, eústilo, diástilo y aeróstilo. Y por último, según el orden; dórico, jónico y corintio. Evidentemente esta clasificación y este vocabulario son propios de una época histórica muy concreta, pero ayudan a entender la riqueza de soluciones de una arquitectura que sitúa la Estructura a la vista (figuras III.1-04, III.1-05 y III.1-06, páginas 66-67).

1. CAMPO BAEZA, Alberto. *La estructura de la estructura*. Ed. Nobuko, Buenos Aires, 2010

Este tipo de arquitectura intenta aislar los elementos estructurales, reduciendo en la medida de lo posible cerramientos y particiones, construye explícitamente el recorrido de las cargas y acentúa las transiciones entre elementos estructurales. Es una arquitectura en la que capiteles, basas, fustes y vigas se convierten en elementos de gran expresividad. Y es una arquitectura cuya forma está directamente determinada por la estructura.

Pero eso no quiere decir que una Arquitectura de Estructura vista esté exclusivamente determinada por la mecánica o la eficiencia de la estructura. Así por ejemplo, la estructura del Partenón tiene una capacidad resistente mucho mayor a las solicitaciones a las que está sometida. Es una estructura sobredimensionada. La carga en la base de una columna tipo viene a ser aproximadamente 155 toneladas, considerando el peso de la cubierta, el arquitrabe y la propia columna. Y su resistencia es entre 12 y 90 veces superior al esfuerzo al que se ve sometida (en función de la resistencia que consideremos para el mármol; 5000 T/m<sup>2</sup> según la NTE Estructuras y entre 700-2500 T/m<sup>2</sup> según la tabla de resistencia de materiales de Wrinkler). Y lo mismo ocurre con el arquitrabe. En el caso más desfavorable comprobamos que el módulo resistente de una viga del Partenón es 18 veces superior al que exigirían las solicitaciones (figuras III.1-15 y III.16, páginas 74-75).

Además, la piedra no es el material más adecuado para una arquitectura adintelada, como bien nos recuerda Javier Manterola en *La Estructura y la Forma*. Los griegos tuvieron que recurrir a enormes secciones y altos coeficientes de seguridad por la poca resistencia a flexión de la piedra.

Tampoco una Arquitectura de Estructura vista es necesariamente una Arquitectura con estructura desnuda, sin revestimientos. Spyro Kostoff, en su Historia de la Arquitectura, explica cómo en muchas ocasiones los griegos realzaban sus templos por medio del color, el estuco y la cera. Y cuando estudiamos el acanalado de sus columnas, comprobamos que se trata de un efecto desmaterializador del fuste. Las acanaladuras realzan la verticalidad de la columna, sí, pero también provocan que la luz rompa sobre ellas, desdibujando la sólida forma cilíndrica. Podemos entender muy bien este efecto en el pórtico de la Stoa de Atalos en Atenas. Frente a las columnas cilíndricas, las columnas acanaladas, descompuestas en una secuencia de líneas de luz y sombra de espesor variable que aligeran y desdibujan la columna por efecto de la luz (figuras III.1-20 a III.1-22, páginas 78-79).

Y también podemos recurrir a un dibujo de Choisy que nos muestra que el vuelo del capitel no tiene una función estructural. Según este dibujo, se hacía un vaciado en el apoyo del arquitrabe sobre el capitel del Partenón, con lo que el vuelo del ábaco carecería de función sustentante (figura III.1-19, página 77).

Es decir, que esta arquitectura que muestra la estructura, emplea también mecanismos que no tienen una relación directa con la estructura o con su mecánica.

Una conclusión similar extraemos del análisis de la estructura de la Sainte Chapelle. La catedral gótica es un referente del racionalismo estructural, una corriente que aboga por una arquitectura de construcción vista y explícita. La bóveda nervada, la columna fasciculada, el arbotante y el contrafuerte materializan y muestran el camino que siguen las cargas. Pero al igual que el arquitecto griego, el arquitecto gótico muestra la estructura de una manera muy especial. Y es que la estructura de la Sainte Chapelle es una estructura de dos caras. En la fachada se muestra una arquitectura muy sobria y sólida, articulada por los potentes contrafuertes. En el interior, las nervaduras de las bóvedas convergen en unos delicados pilarillos. Y desde dentro no se ven los potentes contrafuertes que resisten los empujes horizontales de las bóvedas. Da la impresión de que las bóvedas no pesaran. La delicadeza de la estructura por dentro contrasta con la robustez de la estructura por fuera. Como hacía el arquitecto griego, también el arquitecto del gótico introduce efectos visuales que van más allá de la pura exhibición de lo sustentante (figuras III.1-33 a III.1-38, página 84).

Estos matices, sin embargo, no deben apartarnos de lo que en esencia hacen el arquitecto griego y el arquitecto del Gótico. Lo que recoge muy bien Arthur Schopenhauer en sus *Lecciones sobre metafísica de lo bello*: “El tema propiamente estético de la bella arquitectura es la lucha entre el peso y la rigidez. De hecho, éste es el único tema estético que la caracteriza exclusivamente, puesto que, en cualquiera de sus manifestaciones, su misión es precisamente poner de manifiesto con toda claridad y de múltiples maneras la lucha mencionada.”

## ESTRUCTURAS OCULTAS

En contraste con las Arquitecturas de Estructura Vista, en este tipo de Arquitecturas la estructura se oculta o se sitúa en un segundo plano.

A diferencia de la estructura gótica, que muestra los contrafuertes en sus fachadas, el Panteón de Roma resiste los empujes horizontales de su cúpula con un muro de gran espesor que permanece oculto y forrado por la decoración. En la Sainte Chapelle se ve una continuidad entre las nervaduras de las bóvedas y las columnas fasciculadas. En el Panteón no existe esa continuidad, como bien muestra el alzado desplagado de su interior, dibujo de Mark Wilson Jones (figura III.2-06, página 97). No sólo hay un diferente orden en la cúpula, subdividida en 28 radios, y la base cilíndrica, subdividida en 8 machones. También la prominente cornisa interior corta la transición cúpula-base. Y los arcos de descarga, que llevan el peso de la cúpula a los 8 machones permanecen ocultos por la decoración. El orden de columnas corintias que articula el primer piso de la base cilíndrica no tiene función estructural. La verdadera estructura del Panteón, el enorme muro cilíndrico de 6 metros de espesor, permanece oculta, en un segundo plano (figuras III.2-09 a III.2-11, páginas 98-99).

John Summerson, en el *Lenguaje clásico de la Arquitectura*, cuenta cómo los arquitectos romanos emplearon los órdenes griegos con función no estructural, sino decorativa. Y es que la arquitectura roma-

na, a diferencia de la griega, es una arquitectura de bóvedas, arcos, cúpulas y muros, que en muchos casos se decoran con columnas y arquitrabes. La verdadera estructura se oculta, o se sitúa en un segundo plano, y sobrepuesta a ella, se coloca una falsa estructura. Es el caso por ejemplo de las Termas de Caracalla, la Biblioteca de Adriano o el Coliseo de Roma. Y esa costumbre fue también adoptada en el Renacimiento. En la iglesia de San Lorenzo en Florencia, Brunelleschi oculta los contrafuertes, y decora sus fachadas con una articulación de pilastras, arcos y cornisas. En el Palazzo Rucellai, Alberti también decora los muros de fachada con pilastras y arquitrabes, y en la fachada de San Giorgio Maggiore, Palladio emplea columnas gigantes que sólo resisten el peso de la decoración que tienen sobre sí.

Christopher Wren, entre 1675 y 1710 construyó una cúpula parabólica para la Catedral de San Pablo en Londres, una cúpula muy eficiente desde el punto de vista mecánico, que prácticamente no provoca empujes horizontales, y que fue posible gracias a las teorías sobre estática de arcos de Robert Hooke: *“como cuelga un cable flexible, así invertido se encuentran las piezas de un arco rígido”*. Pero Wren decidió que esa cúpula permaneciera oculta, revestida tanto por dentro, como por fuera, por sendas cúpulas de perfil semiesférico (figura III.2-48, página 114).

Y Claude Perrault en la Columnata del Louvre, 1670, o Soufflot en el Panteón de París, 1757-1792, emplearon una estructura de piedra con armado oculto que permitía mayores luces con menor canto estructural. El intercolumnio en la fachada del Panteón de París es 7 metros, frente a los 4,3 metros del intercolumnio del Partenón. Y la altura del arquitrabe 2,8 metros en el Panteón de París, y 3,3 metros en el Partenón (figura III.2-58, página 118).

El Palacio de Carlos V en Granada es un buen ejemplo de edificio con estructura oculta y vista. El muro de la fachada exterior se reviste con un tratamiento rústico de sillares en planta baja, y un orden arquitectónico de pilastras en planta primera. Un revestimiento que lo que busca es el aspecto de basamento pesante y ligereza en el plano superior. El mismo efecto se consigue en la columnata del patio interior, pero esta vez el medio usado no es el vestido que oculta la estructura, sino la estructura vista, y la proporción de columnas e intercolumnios. A diferencia de lo que ocurre en la fachada exterior, en la que los dos pisos tienen una altura similar, en el patio interior la planta baja de la columnata es más alta que la planta primera. Y la diferencia de alturas se acusa aún más por el peto-barandilla de la planta primera, que permite reducir la altura de las columnas de este nivel.

Las columnas del nivel superior, de 3,52 metros, son más cortas que las columnas de la planta baja, de 5,05 metros de altura. La proporción del intercolumnio del nivel superior es menos vertical que la proporción del intercolumnio de planta baja. También la distancia libre entre columnas es menor en planta baja. Y la relación entre diámetro y altura de fuste es mayor en planta primera que en planta baja. Es decir, que las columnas de planta baja son más robustas, están más próximas

entre sí, y la verticalidad de los intercolumnios acentúa aún más esa proximidad. Mientras que las columnas de planta primera son más esbeltas, están más separadas entre sí, y la menor verticalidad del intercolumnio acentúa esa separación. Al igual que ocurre en la fachada exterior, en el patio hay más solidez en planta baja y más ligereza en planta primera. Pero el mecanismo es completamente diferente. En el exterior actúa la vestimenta, la decoración. En el interior actúa la proporción de la estructura (figuras III.2-37 a III.2-47, páginas 110 a 113).

Y para terminar este apartado, se presenta el ejemplo de la biblioteca de Sainte Genevieve, de Henri Labrouste, en París, 1851. O la estación de Francia en Barcelona, de Pedro Muguruza y Raimon Duran i Reynals, 1929. Dos estructuras de hierro ocultas por una fachada clásica de piedra (figuras III.2-62 y III.2-63, página 119).

La estructura se oculta, bien al servicio del espacio, o de la luz, o de la forma, o bien para fingir otra estructura diferente de la real. Y ese ocultar la verdad de la estructura real, modificando sus proporciones, es un mecanismo arquitectónico tan poderoso como el mostrar la verdad de la estructura. La Historia así nos lo demuestra.

## ESTRUCTURAS ILUSORIAS

El efecto ilusorio que buscan este tipo de estructuras puede ser espacial, gravitatorio, desmaterializador, o de otro tipo.

El poeta de la Alhambra, Ibn Zamrak, se refiere a la cúpula de la Sala de Dos Hermanas como *“una cúpula que por su altura se pierde de vista; en ella las bellezas se ven confusa y alejadamente”*. Y cuando estudiamos la configuración de esta sala entendemos bien a lo que se refiere el poeta. Desde la base de la sala, hasta su coronación, hay un sutil cambio en la sección horizontal. Se pasa del cuadrado de la base al octógono, del octógono a la circunferencia, y de la circunferencia, al punto central en lo alto de la cúpula. Hay una disolución vertical del espacio. Y a este mecanismo se suma el efecto luminoso de la cúpula de mocárabes, una cúpula falsa, un falso techo, que oculta sobre sí la verdadera estructura de madera que recoge la cubierta de este espacio. La luz indirecta que entra por las dieciseis ventanas de la base de la cúpula se disuelve en más de cinco mil puntos, en un juego luminoso muy similar al puntillismo. El resultado es un efecto óptico. La superficie aparece como borrosa, indefinida, inconcreta, y unida al efecto de disolución vertical del espacio, provoca la impresión de una cúpula que se aleja (figuras III.3-04 a III.3-09, páginas 127 a 129).

Hay una gran diferencia entre esta cúpula, y la bóveda nervada de la catedral gótica. Aquí no interesa mostrar la sustentación, ni el camino de las cargas. Ni interesa acentuar los elementos de transición de la estructura. Aquí lo que vemos es un trampantojo. Una cúpula que se disuelve y se aleja.

Otro efecto ilusorio de interés se encuentra en el Patio de los Leones, también en la Alhambra de Granada. En un patio rectangular, relativamente

reducido, de 28,5 x 15,7 metros, se encuentran 124 columnas, indistintamente agrupadas, con intercolumnios muy pequeños, de 1,60 metros, y que no es simétrico en sus dos ejes. Además, los arcos no son tales. Son falsos arcos. Son decoración de yeso y estuco. Y la esbeltez de las columnas está intencionadamente forzada. Sobre cada columnilla se coloca una pilastra de ladrillo hasta llegar a las vigas de madera que son las que realmente soportan el peso de la cubierta. Cuando se calcula la capacidad resistente de estas columnas, se comprueba que es muy superior a las solicitaciones a las que está sometida. La columna más solicitada del Patio de los Leones recibe 1,565 toneladas, incluyendo aquí el peso propio de la estructura, la cubierta, y la sobrecarga de nieve. Y sin embargo, su capacidad resistente, para una carga centrada, es del orden de 100 toneladas. No se puede justificar la multiplicación de columnas en este patio por una necesidad mecánica (figuras III.3-20 a III.3-28, páginas 135 a 141).

Oleg Grabar, en su libro sobre la *Alhambra*, recoge un estudio de Georges Marcais que concluye que la intención de los arquitectos islámicos era simular un espacio mucho mayor de lo que realmente es. Y probablemente con esa intención se modificaron las proporciones, no sólo de las columnas, sino también de los intercolumnios, deliberadamente pequeños. Si se hubiera recurrido a intercolumnios más normalizados, alrededor de 3 metros, con 30 arcos y 30 columnas se podrían haber cubierto perfectamente los cuatro lados del patio. Y sin embargo aquí hay 72 arcos y 124 columnas. La ilusión espacial se pone por delante de la idea de sustentación y gravedad.

La cúpula de Santa Sofía es otro ejemplo de estructura ilusoria, aunque en este caso lo que se busca es la apariencia de una cúpula suspendida en el aire. Y para lograr este efecto se recurre a la omisión de los elementos sustentantes, y al especial tratamiento de la luz. En la dirección longitudinal del espacio, los empujes de la cúpula están contrarrestados por una sucesión de semicúpulas, de manera que el anillo de la cúpula central parece estar apoyado en un sólo punto. Y en la dirección transversal son cuatro grandes machones los que resisten los empujes horizontales, cuatro machones ocultos. Por dentro, se enrasan con el plano vertical de los arcos formeros. Por fuera, con el plano de fachada. De manera que al contrario de lo que ocurre en la catedral gótica, los contrafuertes permanecen ocultos. Además, la superficie interior de la cúpula se recubre con mosaico dorado, brillante, y su base se horada con cuarenta ventanas. Todo esto, en conjunto, produce la sensación de que el aire y la luz sostienen esta cúpula (figuras III.3-33 a III.3-38, páginas 145 y 146).

Se podrían poner muchos más ejemplos, pero estos tres son suficientes para comprobar hasta qué punto este tipo de estructuras quieren fingir lo que en realidad no son. Dentro de las estructuras ilusorias, se puede distinguir entre aquellas ilusiones que son gravitatorias, las que emplean elementos estructurales para generar una ilusión espacial; y las que combinan ambas ideas.

## EL LENGUAJE DE LA ESTRUCTURA

La Historia de la Arquitectura ha demostrado sobradamente que existen estos tres mecanismos, estas tres maneras de expresión de la Estructura; Estructura a la Vista, Estructura Oculta y Estructura Ilusoria. Y en esta Tesis doctoral se han querido agrupar estas tres ideas en un concepto: El Lenguaje de la Estructura.

La estructura, como lenguaje, es algo vivo, que puede expresarse, puede colocarse a la vista.

O puede negarse, puede ocultarse.

O puede fingirse, puede provocar una ilusión de la Gravedad y del Espacio.

Las Arquitecturas de Estructura Vista se caracterizan por una construcción explícita del recorrido de las cargas, por una expresión de los elementos estructurales, por una relación directa entre la estructura y la forma. Pero también hay en ellas decisiones que van más allá de la pura lógica estructural. No todo está determinado por la eficiencia de la estructura.

Las Arquitecturas de Estructura Oculta dejan el esqueleto en un segundo plano al servicio de otra idea, como el Espacio o la Luz. Al revestir la estructura, al decorarla, se modifican sus proporciones, se modifica su percepción. Se altera la imagen de la estructura.

Las Arquitecturas con Estructura ilusoria quieren fingir lo que en realidad no son.

Estas tres categorías son independientes de la mecánica de la estructura. Estas tres categorías son independientes del momento histórico. Estas tres categorías son independientes del sistema constructivo. Y esta clasificación en tres categorías es una herramienta válida para la Arquitectura Moderna.

## MIES

Cuando analizamos la obra de Mies van der Rohe desde este punto de vista, encontramos que él también empleó estos tres mecanismos.

## LA EXTERIORIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CASA DE LA ESTRUCTURA OCULTA A LA JAULA DE ACERO

La historia de las casas de Mies es una historia de evolución de la estructura oculta a la estructura vista. Mies comenzó construyendo casas clásicas con estructura tradicional de muro de carga. Pero cuando conoció la estructura reticular, cuando aprendió las propiedades del acero y del hormigón armado, su arquitectura se transformó. Pasó de la estructura de acero oculta en la Casa Wolf, a la estructura parcialmente vista de las Casas Esters y Lange. Y terminó por sacar la

estructura a la vista. El acero no podía quedar escondido, embutido en los muros. La nueva estructura clamaba por salir al exterior. Y así, llegaron las columnas cruciformes la Casa Tugendhat. Al principio, revestidas con una camisa de acero cromado. Y dio un paso más, y adelantó las columnas en la Casa Farnsworth, esta vez sin revestir. Aquí Mies, como lo hicieron los arquitectos del Partenón, o los arquitectos de la Sainte Chapelle, decide colocar las columnas a la vista. Decide que las columnas sean imagen de su Arquitectura. Pero al igual que en el caso del templo clásico griego, también Mies toma decisiones sobre la estructura basándose en razones más allá de la estricta mecánica de la estructura. Así por ejemplo, el perfil cruciforme de la casa Tugendhat, tiene una inercia de 1266,48 cm<sup>4</sup>. Pero si en vez de la disposición en cruz se hubiera adoptado una disposición en cuadrado, la inercia se habría multiplicado casi por cuatro. Hubiera sido un pilar mucho más resistente, pero eso no era lo que Mies buscaba. Buscaba la desmaterialización y aligeramiento de la estructura.

## ESTRUCTURA VISTA Y OCULTA EN EL BLOQUE Y LA TORRE

En sus Bloques y Torres, Mies alterna soluciones de Estructura Vista con soluciones de Estructura Oculta. En el bloque de viviendas de la Weissenhofsiedlung, su primer bloque de viviendas con estructura de acero, propone una fachada en la que la estructura se asoma a modo de bajo relieve, lo que hemos venido en llamar fachada reverberante. En los Promontory Apartments, y en el Metals Research Building, propone una estructura vista, que muestra las solicitaciones a las que se está sometiendo. Una estructura vista expresiva que enseña los cantos de los elementos estructurales. Mayor canto para los elementos más solicitados. Menor canto para los elementos menos solicitados. La columna escalonada de los Promontory Apartments es un claro ejemplo de racionalismo estructural en Mies. Una columna que acrecienta su sección a medida que se acerca a la tierra y que sigue este precepto de Vitruvio:<sup>2</sup> *“Está perfectamente estatuído que tanto en altura como en grosor las partes superiores sean más delgadas que las inferiores.”*

Pero también empleará Mies la solución de estructura oculta, por ejemplo, en el esqueleto del Alumni Memorial Hall del Campus del IIT de Chicago. Aquí Mies coloca en la fachada una subestructura de acero que no tiene función estructural sino decorativa. Una subestructura que oculta la estructura y que modifica sus proporciones. La estructura se modula en crujías de 7,20 metros y los recuadros estructurales son de proporción rectangular. La subestructura, en crujías de 3,60 metros, con recuadros de proporción cuadrada. Y es la subestructura la que realmente articula la fachada de ladrillo.

Esa subestructura de acero también le sirve para revestir y acentuar la verticalidad de las Torres de Apartamentos de Lake Shore Drive, y el Edificio Seagram de Nueva York. En ambos casos, aunque con soluciones diferentes, coloca por delante de la estructura una subestructura de perfiles verticales de acero. Una subestructura en relieve que modifica la percepción de la estructura, que la verticaliza, que la tensa.

2.  
VITRUVIO. *Los diez libros de Arquitectura*. Editorial Iberia, 10<sup>a</sup> edición, Barcelona, 2007. Traducción de Agustín Blánquez. Primera edición siglo I a.C.

En estos casos de Estructura Oculta, Mies está empleando un recurso similar al que utilizaron los arquitectos de la Roma clásica y del Renacimiento. Al igual que los romanos emplearon los órdenes clásicos con función no sustentante sino decorativa, Mies prescinde aquí de la función sustentante del perfil I de acero y lo emplea con otros fines.

## LA ESTRUCTURA ILUSORIA DEL PABELLÓN

Por último, se encuentra también en Mies el recurso de la estructura ilusoria. La cubierta del Pabellón de Barcelona, el techo del Crown Hall, y la cubierta de la Galería Nacional de Berlín, cada una a su manera, son estructuras que parecen estar dispuestas en el aire, sin nada que las sustente. Y aquí Mies se sitúa en la tradición de tantas otras estructuras que a lo largo de la Historia han recurrido a la ilusión de la Gravedad, como la hermosa cúpula de Santa Sofía, la cúpula de San Carlino alle Quattro Fontane, o la cúpula de la Casa-Museo de John Soane.

## CLASIFICACIÓN

En resumen, podemos hacer la siguiente clasificación de la obra de Mies, desde la perspectiva del Lenguaje de la Estructura:

### - CASAS

- Estructura oculta: Caja clásica con estructura de muros de carga

1907.	Casa Riehl, Potsdam.
1910-1911.	Casa Perls, Zehlendorf, Berlín.
1912-1913.	Casa Werner. Berlín
1913.	Casa Warnholtz. Heerstrasse, Berlín. Proyecto
1914-1917.	Casa Urbig. Potsdam
1919.	Casa Kempner
1921-1922.	Casa Feldmann. Berlín
1922.	Casa Eichstaedt. Berlín.
1924-1926.	Casa Mosler. Potsdam

- Desocultación del acero: Caja descompuesta con estructura mixta

1912.	Casa Kröller-Müller. Wassenaar, Holanda. Proyecto
1914.	Casa para el arquitecto. Werder, Alemania. Proyecto
1921.	Casa Petermann. Potsdam-Neubabelsberg. 1921. Proyecto
1923.	Casa de campo de hormigón armado. Proyecto
1923.	Casa Lessing. Potsdam-Neubabelsberg. Proyecto
1923-1924.	Casa de campo de ladrillo. Proyecto
1925.	Casa Dixel. Jena. Proyecto
1925.	Casa Eliat. Nedlitz. Proyecto
1925-1927.	Casa Wolf. Guben. Destruída
1926.	Monumento a Karl Liebknecht y Rosa Luxemburgo.
1927-1930.	Casa Esters. Krefeld
1927-1930.	Casa Lange. Krefeld
1928.	Ampliación Fuchs. Casa Perls. Berlín.
1932-1933.	Casa Lemke. Berlín

- Estructura Vista. Mesa de acero con columnas retranqueadas

1928-1930. Casa Tugendhat. Brno

1929. Casa Emil Nolde. Berlín. Proyecto

1931. Casa modelo. Exposición de la Construcción. Berlín

1931. Casas Patio: Casa patio en hilera.

1932. Casa Gericke. Berlin

1934. Casa con tres patios

1934. Casa con patio y garage

1934. Casa en la Montaña para el Arquitecto. Tirol

1935. Casa Hubbe. Magdeburgo

1935. Casa Ulrich Lange. Krefeld

1938. Grupo de casas patio

- Estructura Vista. Estantería de acero con columnas retranqueadas

1934. Casa de vidrio en una colina. Proyecto

1934. Casa en una terraza. Proyecto

1937-1938. Casa Resor. Jackson Hole. Wyoming. Proyecto

- Estructura Vista. Mesa/Estantería con columnas adelantadas y espacio diáfano

1946-1947. Casa Cantor. Indianapolis. Proyecto

1950. Casa Caine. Winnetka. Illinois. Proyecto

1946-1951. Casa Farnsworth. Plano-Illinois

1950-1951. Casa 50'x50'. Proyecto

- Estructura Vista. Jaula de acero y espacio diáfano

1950-1951. Steel frame prefabricated row houses

1951-1952. Casa McCormick. Elmhurst, Illinois

1951-1953. Casa Morris Greenwald. Weston. Connecticut

1955. Casa Herbert Greenwald, Lake Forest, Illinois. Proyecto

1955-1963. Viviendas de Lafayette Park, Detroit

- BLOQUES Y TORRES

- Estructura Vista

1922-1923. Edificio de Oficinas de Hormigón Armado

- Estructura Vista. Fachada reverberante

1925-1927. Edificio de Apartamentos. Weissenhof Siedlung. Stuttgart

1931-1935. Fábrica para la industria de la seda. Krefeld

1937. Edificio de Administración. Industria de la Seda. Krefeld. Proy.

- Estructura Vista inexpresiva

1944-1946. Engineering Research Building. IIT. Chicago  
1947-1950. Instituto de Tecnología del Gas. IIT. Chicago  
1950-1952. Mechanical Engineering Research Building 1, IIT RI  
1953-1956. Almacén para el Instituto de Tecnología del Gas. IIT  
1945-1950. Central de Calderas. IIT  
1952-1953. Commons Building. IIT  
1949-1952. Capilla. IIT. Chicago

- Estructura Vista expresiva

1946-1949. Promontory Apartments. Chicago  
1948-1951. Algonquin Apartments. Chicago  
1951-1953. Carman Hall. Apartamentos para alumnos IIT.  
1951-1953. Apartamentos Riverside. Trenton. New Jersey. Proyecto  
1952-1955. Cunningham Hall y Bailey Hall. Apartamentos IIT  
1957-1959. Quadrangles Apartments. Brooklyn. Project. Torre tipo 1  
1962-1965. Highfield House Apartment Building. Baltimore  
1942-1943. Metals Research Building. Campus IIT  
1944. Library and Administration Building. IIT. Chicago. Proyecto  
1956-1958. Ampliación del Metals Research Building. Campus IIT

- Estructura Oculta. Vestido horizontal

1928. Almacenes Adam. Berlín. Proyecto  
1928. Edificio para un Banco. Stuttgart. Proyecto  
1928. Remodelación de la Alexanderplatz. Berlín. Proyecto  
1928-1929. Edificio de oficinas II. Friedrichstrasse. Berlín. Proyecto  
1933. Reichsbank. Berlín. Proyecto

- Estructura Oculta. Vestido reticular

1945-1946. Alumni Memorial Hall. IIT. Chicago  
1945-1946. Metallurgical and Chemical Eng. B. (Perlstein Hall). IIT  
1945-1946. Chemistry Building (Whisnick Hall). IIT. Chicago  
1948. Sede de la Unión de Estudiantes. IIT. Chicago. Proyecto  
1948-1950. Edificio de Administración de la AAR. IIT  
1948-1953. Mechanical Engineering B. AAR. IIT.  
1954-1957. Siegel Hall. IIT  
1955-1957. AAR Laboratorio. IIT

- Estructura Oculta. Vestido vertical

Subestructura de maineles verticales

1948-1951. 860-880 Lake Shore Drive Apartments. Chicago  
1952-1953. Apartamentos Berke. Indianapolis. Proyecto  
1957-1958. Battery Park Apartment Development. New York. Sol. 2

#### Muro cortina con maineles verticales

1953. Apartamentos en 1300 de Lake Shore Drive. Chicago. Proyecto  
1953-1956. Apartamentos en 900 Esplanade. Chicago  
1953-1956. Commonwealth Promenade Apartments. Chicago  
1954-1958. Seagram Building. New York  
1955-1963. Torres de apartamentos de Lafayette Park, Detroit  
1957-1959. Quadrangles Apartments. Brooklyn. Project. Torre tipo 2  
1957-1958. Battery Park Apartment Development. New York. Sol. 1  
1957-1959. Seagram Office Building. Chicago. Project  
1958. Marina Site Apartments. San Francisco. Proyecto  
1958. Rimpau Site. Los Angeles. Proyecto  
1958-1960. Pavilion Apt. and Colonnade Apt. Colonnade Park. Newark  
1959. Brookfarm Apartments. Brookline. Massachusetts. Proyecto  
1959-1964. Torres del Federal Center. Chicago  
1960-1963. One Charles Center. Baltimore  
1960-1963. 2400 Lakeview Apartments. Chicago  
1963-1969. Toronto Dominion Center  
1964-1966. Foster city apartments  
1964-1968. Westmount square  
1966-1969. Torre IBM  
1967. Torre de Londres  
1967-1969. East wacker drive

#### Maineles verticales en edificios horizontales

##### Solución 1

1957-1961. Bacardi Office Building. Ciudad de México.  
1960-1963. Edificio Administración Friedrich Krupp. Essen. Proyecto

##### Solución 2

1960-1963. Caja de Ahorros. Des Moines. Iowa  
1957-1962. Consulado Estados Unidos. Sao Paulo, Brasil. Project  
1962-1965. Meredith Memorial Hall. Drake University. Des Moines  
1962-1965. Administración y Servicios Sociales. University of Chicago  
1962-1968. Centro de Ciencias. Duquesne University. Pittsburgh  
1965-1972. Biblioteca Martin Luther King. Washington

#### - PABELLONES

- Estructura ilusoria. Mesa con tablero suspendido y columnas retranqueadas

1928-29. Pabellón de Alemania. Barcelona  
1928-1930. Casa Tugendhat. Brno  
1930. Cub de Golf. Krefeld. Proyecto  
1934. Pabellón de Alemania. Exposición Mundial de Bruselas. Proy.  
1942. Museo para una pequeña ciudad

- Estructura ilusoria. Caja con dos caras. Estructura monumental por fuera y oculta por dentro

1942. Teatro del Museo para una ciudad pequeña. Proyecto

1942. Concert Hall

1945-1946. Restaurante Cantor Drive-In. Indianapolis. Proyecto

1946-1951. Casa Farnsworth. Plano-Illinois

1950-1956. Crown Hall. IIT

1952-1953. Teatro Nacional de Mannheim

1954-1958. Cullinan Hall. Museo de Bellas Artes. Houston

- Estructura ilusoria. Mesa monumental con tablero suspendido y esquinas liberadas

1950-1951. Casa 50'x50'. Proyecto

1953-1954. Convention Hall. Chicago. Proyecto

1957. Bacardi Office Building. Santiago, Cuba. Project

1960-1963. Museo Schaefer. Schweinfurt. Proyecto

1962-1969. Galería Nacional de Berlín

Mesa monumental con estructura en esquina

1959-1964. Oficina de Correos del Federal Center. Chicago

1963-1969. Pabellón del Toronto Dominion Center

## FINAL

Los tres mecanismos estructurales que presenta la Historia de la Arquitectura, se encuentran en la obra de un sólo arquitecto.

Mies ha aprendido la lección de Estructura vista del Partenón y de la Catedral Gótica. Una estructura vista pero con matices que van más allá de la estricta sujeción a la mecánica. También en Mies se ven elementos estructurales sobredimensionados, elementos estructurales infrautilizados, decisiones que van más allá de la lógica estructural, y que entran en el campo de la plástica, de los juegos visuales. Como las columnas ahusadas de la Galería Nacional de Berlín. O los entranes y salientes de sus columnas cruciformes.

También ha aprendido la lección de la Roma clásica, y del Renacimiento. Mies emplea elementos estructurales con función ornamental, decorativa, y sin función sustentante. Y también Mies oculta la estructura cuando lo necesita. Cuando quiere que el vidrio, o el ladrillo, el cerramiento, se imponga a la estructura, y modifique su percepción.

Y por último, también se confirma que Mies emplea recursos de estructura ilusoria en sus proyectos. Fundamentalmente en busca de la negación de la Gravedad, de la apariencia de masas suspendidas en el aire. Y aquí se sitúa en la tradición de tantas otras estructuras que a lo largo de la Historia han recurrido a la ilusión de la Gravedad, como la hermosa cúpula de Santa Sofía, la cúpula de San Carlino alle Quattro Fontane, o la cúpula de la Casa-Museo de John Soane.

3.  
SEDLMAYR, Hans. *La revolución del arte moderno*. Ediciones RIALP, Madrid, 1965. Primera edición, Hamburgo, 1955

Mies demuestra que en su labor de investigación fue capaz de aunar dentro de una obra coherente tres mecanismos estructurales a priori incompatibles: estructura vista, estructura oculta, y estructura ilusoria. Que su obra fue un auténtico laboratorio de investigación sobre la estructura. Que cuando conoció la estructura, la amó tanto, que nunca más pudo separarse de ella.

Con su obra, Mies parece apoyar esta cita de Hans Sedlmayr: *“la columna auténtica, una de las invenciones más grandiosas del espíritu del hombre, es una estructura tanto tectónica como plástica”*.<sup>3</sup>

Y es que Mies no fue un racionalista estructural. No trató la estructura como mera sustentación de las cargas. También trabajó con la estructura como elemento plástico. Como elemento decorativo. Como elemento artístico.

Sedlmayr continúa diciendo que la arquitectura pura es una arquitectura sin perfiles, sin ornamento. Y presenta la desaparición del ornamento como un hecho histórico del siglo XX: *“Desde el punto de vista tectónico, un pilar de cuatro lados cumple la misma función que una columna. La columna pura, sin embargo, obra del espíritu griego, es la unión más sublime que pueda imaginarse entre los valores tectónicos y plásticos, el espíritu y el cuerpo, el logos y el mito. La columna ha de desaparecer, pues a partir de ahora se hace imprescindible decir adiós a todo elemento plástico para que surja la arquitectura pura, la arquitectura de superficies puras”*.

Mies se sitúa enfrente de esta búsqueda. Mies no quiere desligar la columna del arte. No quiere separar la tectónica del arte. Al contrario. Su arte está precisamente en trascender lo tectónico.

Y ese “deseo de trascender con lo que crea” está inscrito en la naturaleza del hombre, como bien explica Chesterton en *El hombre eterno*:

*“Un pájaro puede construir un nido, de hecho los pájaros han venido construyendo nidos desde antaño. Pero los pájaros no hacen arte, el arte está en la esencia del hombre. Los pájaros no seleccionan cuidadosamente las ramas, ni apuntan sus hojas verticales para expresar piedad, como sí lo hace por ejemplo el hombre del Gótico. El pájaro construye pero no trasciende lo que construye como sí lo hace el hombre. El pájaro quiere resguardarse del frío y de la lluvia, pero el hombre quiere algo más”*.

En la figura de la página siguiente vemos a Mies en la Acrópolis de Atenas, de espaldas, mirando al Erecteion, y tras él, el horizonte. Sobre su cabeza un cielo de nubes.

Filocles levantó el Erecteion, un templo en el que las columnas son algo más que sólo columnas. Son estatuas con forma de mujer ricamente ataviada, las cariátides, y su historia nos la cuenta Vitruvio: El pueblo de Caria, que se había aliado con los Persas amenazando la libertad de los griegos, fue finalmente derrotado. Y como escarmiento,



FIGURA V.1-01  
Mies en la Acrópolis de Atenas,  
mirando al Erecteion. Fuente:  
SCHULZE, Franz. *Mies van der  
Rohe. A critical biography*. The  
University of Chicago Press,  
1985

los griegos se llevaron a las mujeres de Caria, y las obligaron a servir como esclavas. Nunca les dejaron desprenderse de sus ricos vestidos, para que así la humillación fuera mayor. Y para que nadie olvidara esta historia, los arquitectos griegos a partir de entonces colocaron en sustitución de las columnas las imágenes de aquellas mujeres, de manera que el espectáculo de su eterna servidumbre expiara la culpa de su ciudad.

Como Filocles, y como otros muchos arquitectos de la Historia, Mies pensó en la columna, y en la estructura como algo más. Y puso su obra al servicio de esta idea.

¿Qué pasaría por su cabeza mientras contemplaba las ruinas de la Acrópolis? Seguramente, estaría extasiado con la belleza que tenía ante sus ojos. Y daba gracias por poder contemplar esa hermosa arquitectura. Y pensaría en todos sus años pasados. En sus obras levantadas y en las que todavía quería levantar. Y se reafirmaría en su amor por la estructura, mientras pensaba en una nueva vuelta de tuerca a la columna.

Nosotros miramos hoy a Mies, como Mies miraba a Filocles. Y aprendemos de él. De su obra y de su amor por la estructura. De sus mecanismos estructurales y de los caminos que aún quedan abiertos. Aprendemos la importancia de entender la columna como algo más que un sustentar. Aprendemos la importancia de investigar sobre la estructura y sus formas de expresión. Y aprendemos la importancia de trascenderla y elevarla a la categoría de arte. Pues sólo cuando el pensamiento es elevado, lo pueden ser también las obras. Y retenemos su conocida regla, y la hacemos nuestra. *Dios está en los detalles* (de la estructura). Y damos las Gracias.



## V.2. EPÍLOGO. LA COLUMNA ADECUADA

En el siglo XV a.C., hace ya más de 3500 años, estudiaba la reina Hatshepsut con su arquitecto, Senmut, cómo debían ser las columnas de su templo funerario, que iba a ser construido en el complejo de Deir el Bahari, en la franja occidental del río Nilo. Al templo se accedería por tres terrazas escalonadas, de manera que el visitante, desde la lejanía, vería las fachadas de las tres terrazas, y al fondo, como si del escenario de un decorado se tratara, la imponente montaña con su pared escarpada, casi vertical (figura 1). Dudaba la reina si las columnas de los pórticos debían ser de planta cuadrada o circular, pero el arquitecto lo tenía bastante claro. En este caso debían ser cuadradas. En la cabeza del arquitecto estaba la idea de que su templo se fundiera con la montaña, que pareciera un templo excavado en la roca, y por eso los pórticos de las terrazas tenían que estar compuestos por columnas cuadradas, de manera que las caras de las columnas se unieran visualmente con las de las vigas, conformando un plano vertical continuo y dando la impresión de una fachada horadada en la roca, y no de una sucesión de columnas talladas por el hombre (figura 2).



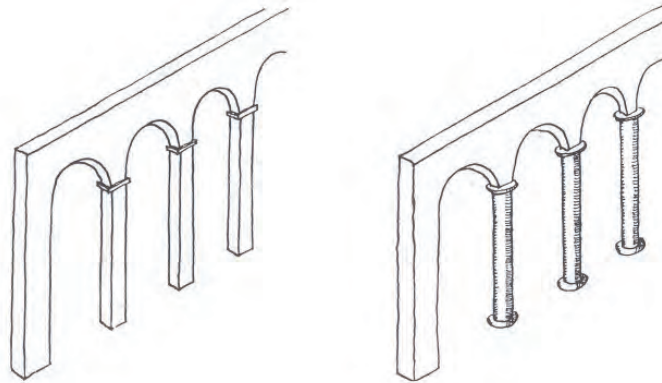
FIGURA 1  
Templo de Hatshepsut, Deir el Bahari. Arquitecto, Senmut, s.XV a.C. Fotografía del autor.



FIGURA 2  
Templo de Hatshepsut. Detalle del pórtico frontal. Fotografía del autor.

Esta idea la recogería años después Leon Battista Alberti en su libro *De Re Aedificatoria*, en el año 1452 de nuestra era. Un pórtico de pilares cuadrados con arcos da la impresión de un plano horadado, porque las caras frontales de los pilares se funden con el plano de los arcos. Un pórtico de columnas circulares no da esa impresión porque la columna circular no se funde con la viga, conserva su individualidad (figura 3).

FIGURA 3  
Pórtico de pilares vs. pórtico de columnas. Fuente: Alberti, *De re aedificatoria*, 1452.



Al final, como bien sabemos, el templo de Hatshepsut se construyó con sus planos aterrazados conformados por pilastras cuadradas, dando la sensación de un templo excavado en la roca, y hoy día es conocido como “*Djeser-Djeseru*” (La maravilla de las maravillas). Pero en los pórticos laterales de la terraza principal, los que no tienen como fondo el plano escarpado de la montaña, las columnas son circulares, como queriendo dejar constancia de la leyenda que aquí se explica (figura 4).

FIGURA 4  
Templo de Hatshepsut. Pórtico lateral. Fotografía del autor.



Si algo podemos aprender de esta historia, es que la forma de una columna es muy importante. Y que es clave cuando el arquitecto quiere transmitir una idea clara no sólo de su estructura, sino también de su arquitectura. El propio Vitruvio, en sus *Diez Libros de Arquitectura*, pone por escrito la importancia que le daban los arquitectos griegos a la forma y decoración de sus columnas. Y Viollet le Duc, en sus *Conversaciones*, incide aún más en esta idea. Quisiera que nos detuviéramos en la razón que da el arquitecto francés a las acanaladuras de los fustes de las columnas dóricas.

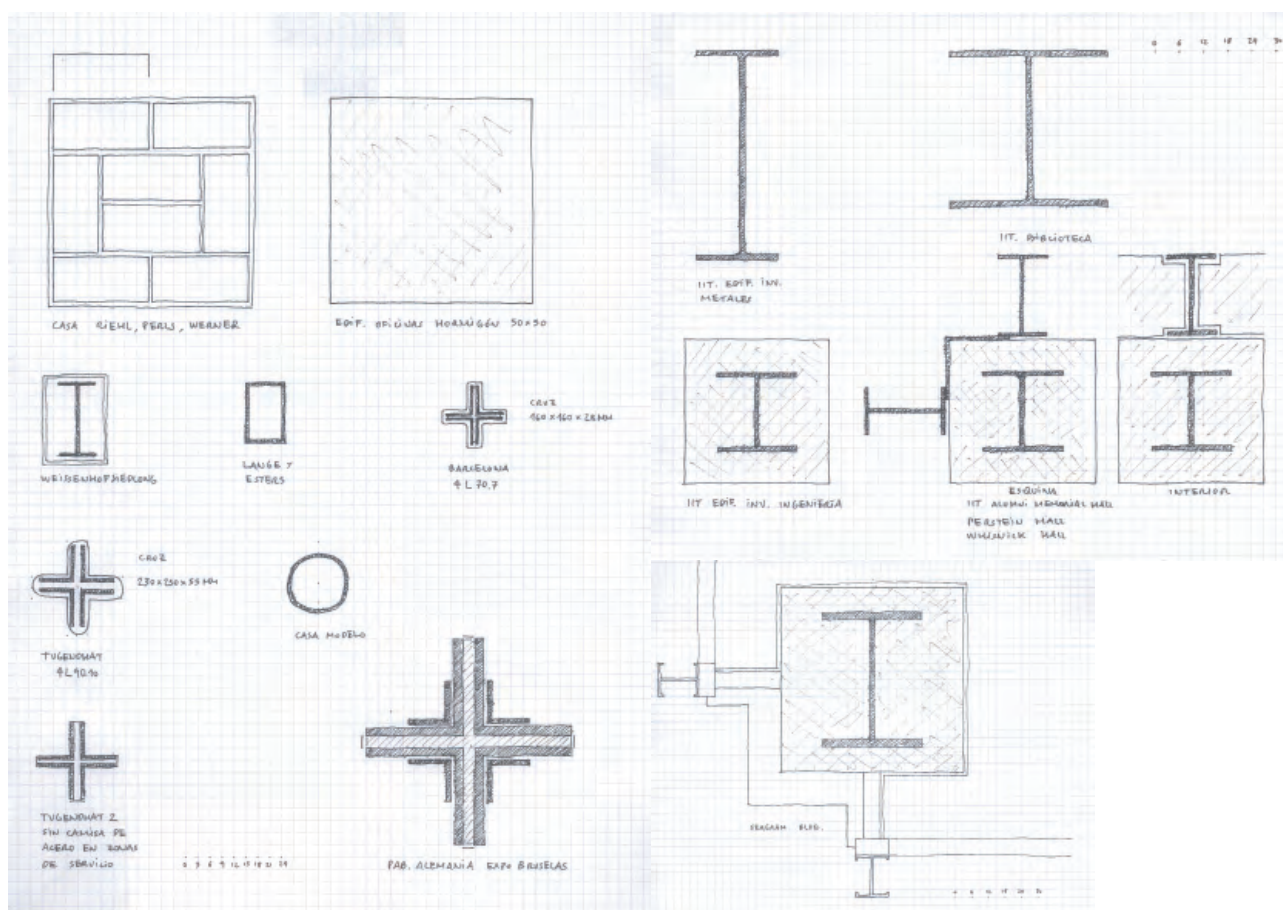
“Al artista griego las columnas le parecen demasiado planas expuestas a la luz, y demasiado blandas e indecisas en la sombra. Por eso recorta en sentido longitudinal, en toda la altura del fuste, unas acanaladuras lo bastante profundas como para concentrar la luz oblicua en las aristas.”

Las acanaladuras se hacen para que la luz rompa contra ellas, para que sobre la columna se dibuje un juego de líneas verticales de luz y sombra, de brillo y contraste, en definitiva para que la columna no parezca tan sólida, tan masiva, tan corpórea.

Pilastras cuadradas o columnas circulares en Egipto. Fustes acanalados o cilíndricos en Grecia. A lo largo de la Historia de la Arquitectura muchos arquitectos se han preguntado cuál era la columna adecuada para la idea que querían transmitir.

Mies van der Rohe entendió muy bien la importancia de la forma de la columna, y a lo largo de su obra investiga más de 50 tipos de columnas diferentes que varían su forma, material, proporciones, color, y disposición: Cuadradas, rectangulares, cilíndricas, prismáticas, troncocónicas, troncopiramidales, con forma de cruz griega, cruciforme con brazos en T, ahusadas, rectas, en H, blancas, negras, de acero, de aluminio, de hormigón, de bronce, y muchos más (figura 5).

FIGURA 5  
Columnas de Mies van der Rohe.  
Dibujo del autor.



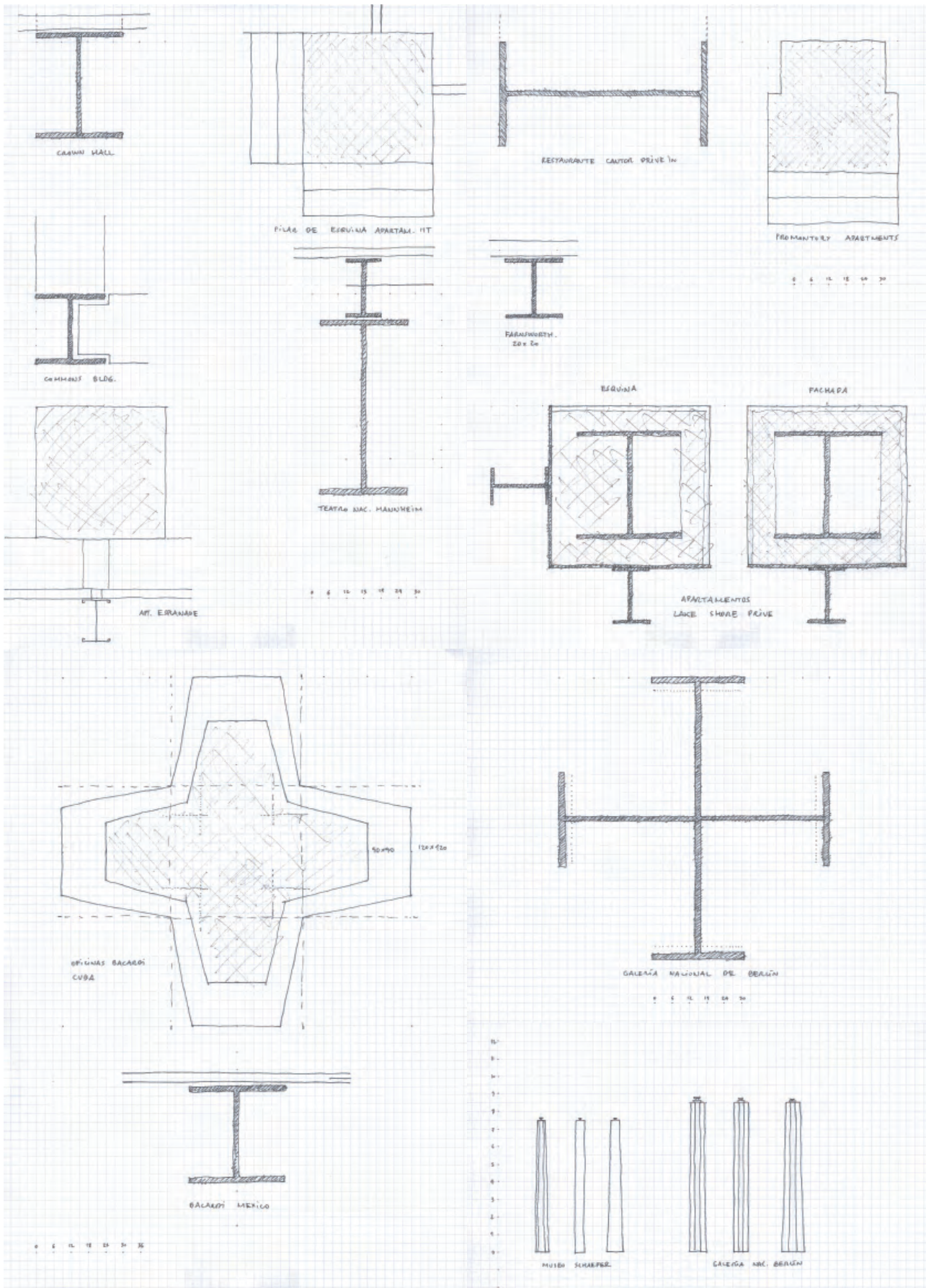


FIGURA 5 (continuación)  
Columnas de Mies van der  
Rohe. Dibujo del autor.

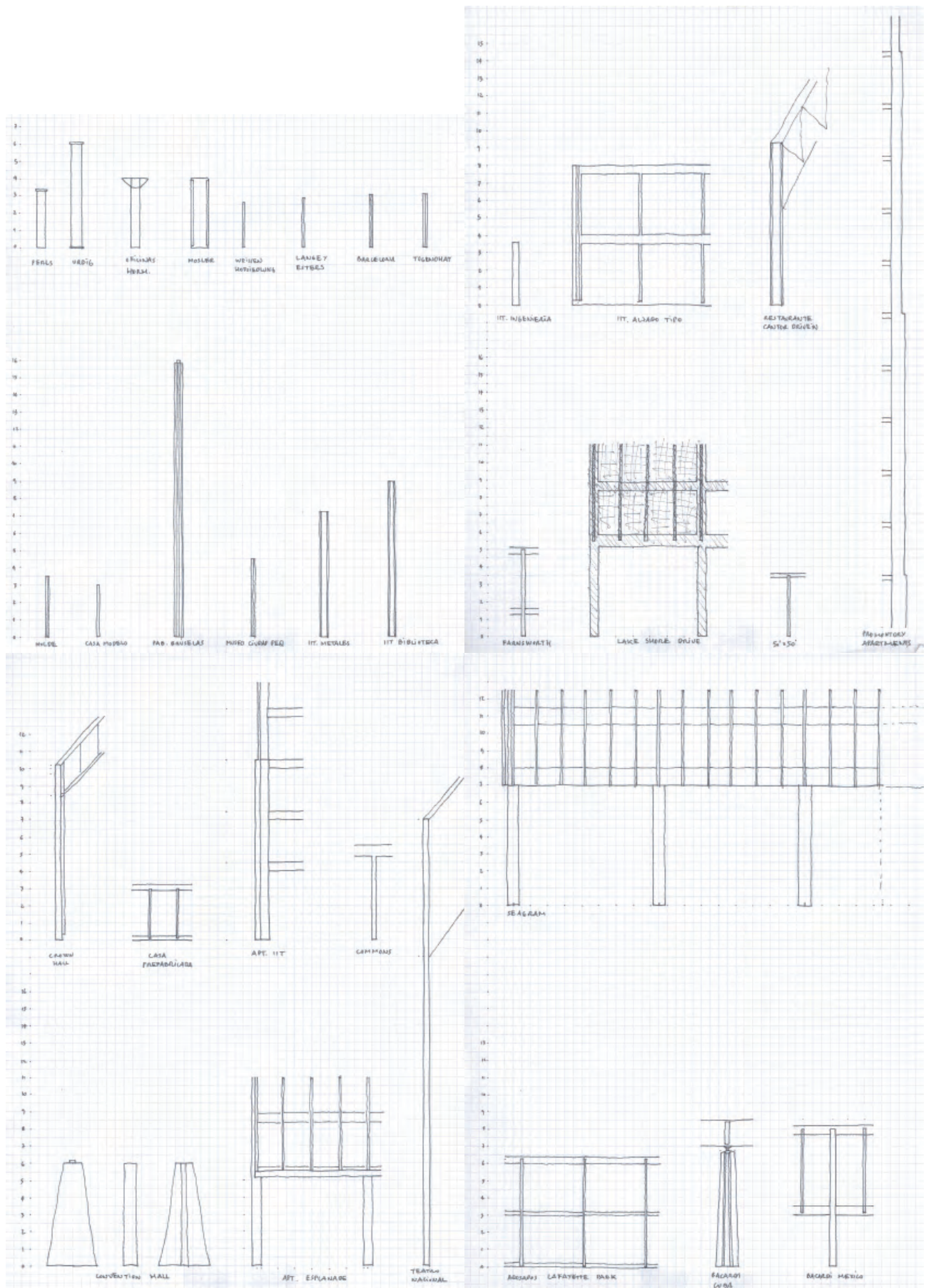


FIGURA 5 (continuación)  
Columnas de Mies van der Rohe.  
Dibujó del autor.



La columna por la que finalmente se inclina es ligerísimamente ahusada, mide 96 cm de lado en su base, y 87 cm en su coronación, presenta unas acanaladuras conformadas entre los brazos en T y el centro de la cruz y dispone en su cabeza de una mínima rótula sobre la que apoya la losa de cubierta, a 26 cm de la columna. Pero ese ligero ensanchamiento de la sección en la base no se corresponde con una necesidad mecánica. Si calculamos la capacidad resistente de la columna con fuste recto, comprobamos que es muy superior a las solicitaciones a las que está sometida la columna (figura 9). El ensanchamiento no es necesario. Es decir, que la forma de la columna no responde sólo a la función sustentante, sino a la idea que Mies quiere transmitir. Aquí está respondiendo puntualmente a ese precepto Vitruviano del que ya hemos hecho mención: “*Está perfectamente estatuído que tanto en altura como en grosor las partes superiores sean más delgadas que las inferiores.*”

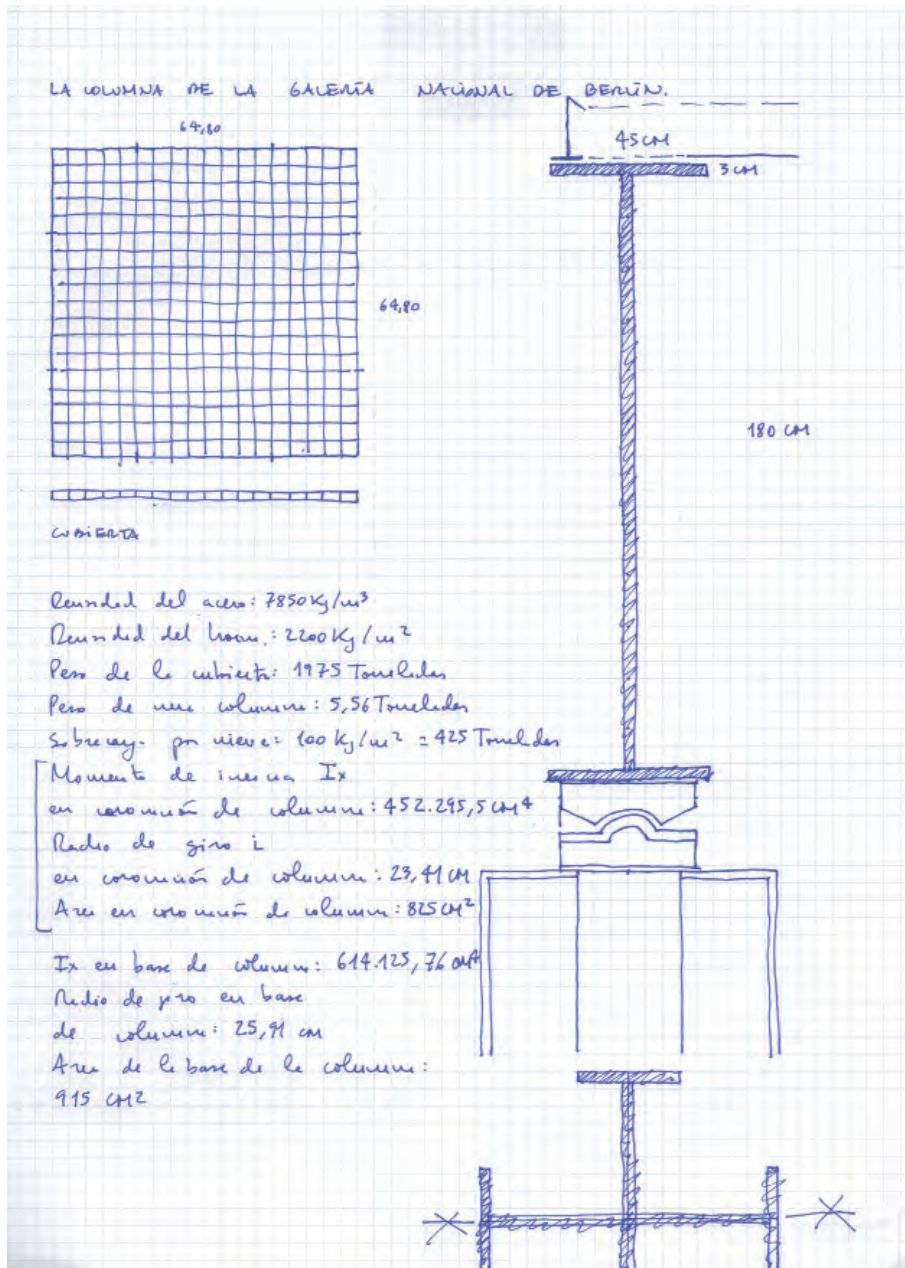
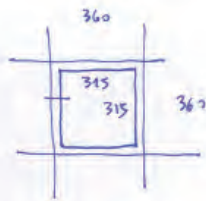
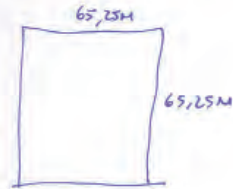


FIGURA 9  
 Estudio de la capacidad resistente de la columna de la Galería Nacional de Berlín con fuste recto en vez de ahusado. Dibujo del autor. Condiciones geométricas y de cálculo. Se ha considerado el peso propio de la estructura de la cubierta, de la capa de compresión, la sobrecarga de nieve, y el peso propio de una columna.

FIGURA 9 (continuación)  
 Cálculo del peso propio de la  
 estructura reticular de cubierta.  
 Total: 1975 toneladas.



$$64,80 + 0,45 = 65,25$$



$$\text{Area} = 4257,56 \text{ M}^2$$

$$\text{Reverendas} = 18 \times 18 \times 3,15 \times 3,15 = 3214,89 \text{ M}^2$$

$$\text{Area} = 1042,67 \text{ M}^2$$

$$\text{Espesor} = 3 \text{ cm} = 0,03 \text{ M}$$

$$\text{Volumen cordones superiores} = 1042,67 \times 0,03 = 31,28 \text{ M}^3$$

$$\text{Volumen cordones inferiores} = 31,28 \text{ M}^3$$

$$\text{Volumen almas} = 1,7 \text{ m} \times 0,03 \text{ M} \times 38 \times 65,25 \text{ M} = 129,43 \text{ M}^3$$

$$\text{Total M}^3 \text{ acero} : 191,99 \approx 192 \text{ M}^3 \times 7850 \text{ kg} = 1507 \text{ Toneladas}$$

$$\text{Capa de compresión } 5 \text{ cm} : 65,25 \times 65,25 \times 0,05 = 212,88 \text{ M}^3$$

$$\times 2200 \text{ kg/m}^3 = 468,39 \text{ T}$$

$$\text{Total Peso cubiertas} : 1507 + 468,39 = 1975 \text{ T}$$

$$91,5 \times 91,5$$



$$\text{Alas } 0,303 \times 0,03 \times 4 = 0,0366 \text{ M}^2$$

$$0,855 \times 0,03 = 0,02565 \text{ M}^2 \text{ alumppl}$$

$$91,5 - 6 = 85,5 - 3 = 82,5 \times 0,03 = 0,02475 \text{ M}^2$$

$$\text{Total } 0,087 \text{ M}^2$$

$$\text{Almas } 0,14 = 0,70818 \text{ M}^2$$

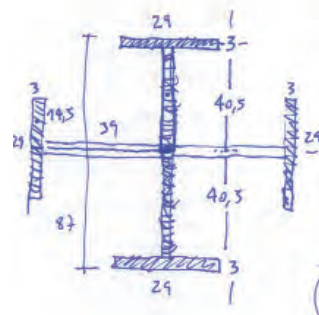
②

radio de giro =  $\sqrt{\frac{I}{A}}$

I = momento de inercia

A = Area de la sección.

Peso de la cubierta 1250 toneladas.



Momento de inercia respecto al C.O.G.

2 veces A  $\frac{1}{12} \cdot 29 \cdot 3^3 + 29 \cdot 3 \cdot 42^2$  +  $\frac{1}{12} \cdot 3 \cdot 40,5^3 + 3 \cdot 40,5 \cdot 20,25^2$

+  $\frac{1}{12} \cdot 3 \cdot 14,5^3 + 3 \cdot 14,5 \cdot 7,25^2$  2 veces C

2 veces A  $\frac{1}{12} \cdot 29 \cdot 3^3 + 29 \cdot 3 \cdot 42^2$  +  $\frac{1}{12} \cdot 3 \cdot 81^3$  +  $\frac{1}{12} \cdot 3 \cdot 29^3$  1 vez B 2 veces C

+  $\frac{1}{12} \cdot 39 \cdot 3^3$  2 veces D

A = 153.533 cm<sup>4</sup>      2A + B + 2C + 2D = 307066 + 132.860 + 12.194 + 175,5 =

B = 132.860 cm<sup>4</sup>      **452295,5 cm<sup>4</sup>**

C = 6092 cm<sup>4</sup>

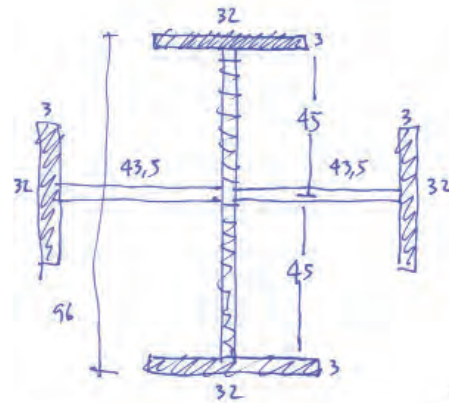
D = 87,75 cm<sup>4</sup>

$\sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{452.295,5 \text{ cm}^4}{825 \text{ cm}^2}} = \sqrt{548,24} = 23,41 \text{ cm}$

Area:  $29 \times 3 \times 4 + 81 \cdot 3 + 28 \cdot 3 = 348 \text{ cm}^2 + 243 \text{ cm}^2 + 239 \text{ cm}^2 = 825 \text{ cm}^2$

FIGURA 9 (continuación)  
Cálculo del momento de inercia de la columna cruciforme (en la coronación del fuste) según el Teorema de Steiner ( $I_o = I_G + A \cdot d^2$ ) y cálculo del radio de giro  $i$   
 $I_o = 452295,5 \text{ cm}^4$   
 $i = 23,41 \text{ cm}$

FIGURA 9 (continuación)  
 Cálculo del momento de inercia de la columna cruciforme (en la base del fuste) según el Teorema de Steiner ( $I_o = I_G + A \cdot d^2$ ) y cálculo del radio de giro  $i$   
 $I_o = 614125,76 \text{ cm}^4$   
 $i = 25,91 \text{ cm}$



Momento de inercia respecto al CG en base de columna

Zonas A

$$\left( \frac{1}{12} \cdot 32 \cdot 3^3 + 32 \cdot 3 \cdot 46,5^2 \right) +$$

Zonas B

$$\left( \frac{1}{12} \cdot 3 \cdot 90^3 \right) +$$

Zonas C

$$\left( \frac{1}{12} \cdot 3 \cdot 32^3 \right) +$$

Zonas D

$$\left( \frac{1}{12} \cdot 43,5 \cdot 3^3 \right)$$

$$A = 207648$$

$$B = 182250$$

$$C = 8192$$

$$D = 97,88$$

$$2A + B + 2C + 2D = 415.296 + 182250 +$$

$$16384 + 195,76 =$$

$$614125,76$$

$$A_{\text{m.}} = 4 \times 32 \times 3 + 90 \times 3 + 87 \times 3 =$$

$$384 + 270 + 261 = 915 \text{ cm}^2$$

$$\sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{614125,76}{915}} = 25,91 \text{ cm}$$



FIGURA 9 (continuación)  
 Cálculo del axil de agotamiento de la columna de la Galería Nacional de Berlín. Consideración de columna de fuste recto, sin aumento de sección en la base. Es decir, que la sección de cálculo en la base de la columna es una cruz potenzada de 87 cm (frente a la cruz potenzada de 96 cm que en realidad supone el aumento de sección de la columna) La sollicitación máxima, sin mayorar, en la base de la columna es 305,56 toneladas.

FIGURA 9 (continuación)  
 Cálculo del axil de agotamiento de la columna de la Galería Nacional de Berlín. Obtenemos un valor de agotamiento de 1986 toneladas. La solicitud mayorada es de 458,34 toneladas, es decir, más de cuatro veces menos, lo que nos lleva a concluir que el cambio de sección que Mies introdujo en las columnas no es necesario desde el punto de vista mecánico.

$$\lambda = \frac{0,7 \cdot 814}{23,41} = 24,34$$

El coeficiente de ponderación  $w$  se estima a partir de los esbeltez.

Para  $\lambda = 0$      $w = 1$   
 Para  $\lambda = 60$     $w = 1,2$

Interpolando linealmente:

$\lambda = 60$      $w = 1,2$   
 $\lambda = 24,34$     $w = x$      $\rightarrow$      $w = 1,08$

$$N_u = \frac{F_c \cdot A}{w} \left( \times \frac{1}{1000} \right) = \frac{2600 \cdot 825}{1,08} \left( \times \frac{1}{1000} \right) = 1986 \text{ T}$$

Dado que los axiles de cálculo son:

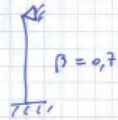
$N_{1c} = 246,875 \text{ T}$		$N_{1cd} = 370,31 \text{ T}$
$N_{1B} = 252,435 \text{ T}$	Mayoradas	$N_{10d} = 378,65 \text{ T}$
$N_{2c} = 300 \text{ T}$	$\rightarrow$	$N_{2c} = 450 \text{ T}$
$N_{2B} = 305,56 \text{ T}$	1,5	$N_{2B} = 458,34 \text{ T}$

Aún aplicando un coeficiente de minoración en las resistencias del acero según NBE-EA 95

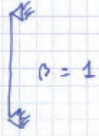
$$F_c^* = \frac{2600}{1,1} = 2363$$

$$N_u^* = \frac{2363 \cdot 825}{1,08} \left( \times \frac{1}{1000} \right) = 1805 \text{ T}$$

y si en vez de la condición



Consideremos la condición



$$\lambda = \frac{\beta \cdot L}{i} = \frac{1 \cdot 814}{23,41} = 34,77$$
$$w = 1,12$$

$$N_{u}^{**} = \frac{2363 \cdot 825}{1,12} \left( \times \frac{1}{1000} \right) = 1740 \text{ T}$$

y si en vez de acero A42 consideremos acero A37

con  $\sigma_c = 2400 \text{ Kg/cm}^2$  y  $\sigma_c^* = \frac{2400}{1,1} = 2181$

$$N_{u}^{***} = \frac{2181 \cdot 825}{1,12} \times \left( \frac{1}{1000} \right) = 1606,54$$

En todos los casos se demuestra que con la sección recta es suficiente para resistir el axial de cálculo

FIGURA 9 (continuación)  
Otras hipótesis de cálculo. Minorando resistencias del acero, consideraciones de esbeltez más desfavorables, o consideración de acero A37, menos resistente que el acero A42. En todos los casos se demuestra que con la sección de fuste recto es suficiente para resistir las solicitaciones.

No le basta a Mies que la columna sustente. Quiere que transmita la idea de la sustentación con su ensanchamiento.

La columna de Berlín es una columna especial, que nos recuerda a la columna griega, con sus acanaladuras, y con su éntasis. Es una columna que representa la idea de la Gravedad, pues su fuste al ensancharse no hace sino seguir la ley del racionalismo estructural: A medida que nos acercamos a la tierra el peso aumenta, y la sección debe aumentar para resistir la carga. Es una columna que representa la idea de la Construcción, pues con la rótula de su coronación convierte el apoyo de la viga en un acontecimiento. Es una columna libre, escultórica, pues el apoyo de la viga no impide que el cielo la recorte en su coronación. Es una columna que no se retranquea, sino que se yergue con orgullo en la fachada del edificio. Es una columna serena, perfectamente proporcionada: Su diámetro es aproximadamente la mitad del canto de la viga, y el voladizo que soporta mide unas dos veces la longitud de su fuste. Es una columna muy hermosa.

Aquí el arquitecto alemán eleva una columna a la categoría de arte. Una columna aparentemente sencilla formada por palastros de acero y pintada de negro. Un perfil al alcance de cualquier arquitecto del que él, como buen genio, saca el mayor de los partidos.

Mies nos demuestra que la columna no es solo un elemento tectónico, sino también plástico, o si se quiere, artístico. Y es francamente hermoso ver cómo la columna evoluciona en su obra, cómo llega a convertirse en un acontecimiento. En una época en la que parece que la Arquitectura se ha aburrido de sí misma, y huye hacia lo irracional, Mies nos recuerda que vayamos a la raíz de la Arquitectura, a su esencia. Que todavía hay camino por recorrer en la Arquitectura esencial. La de la verdad.

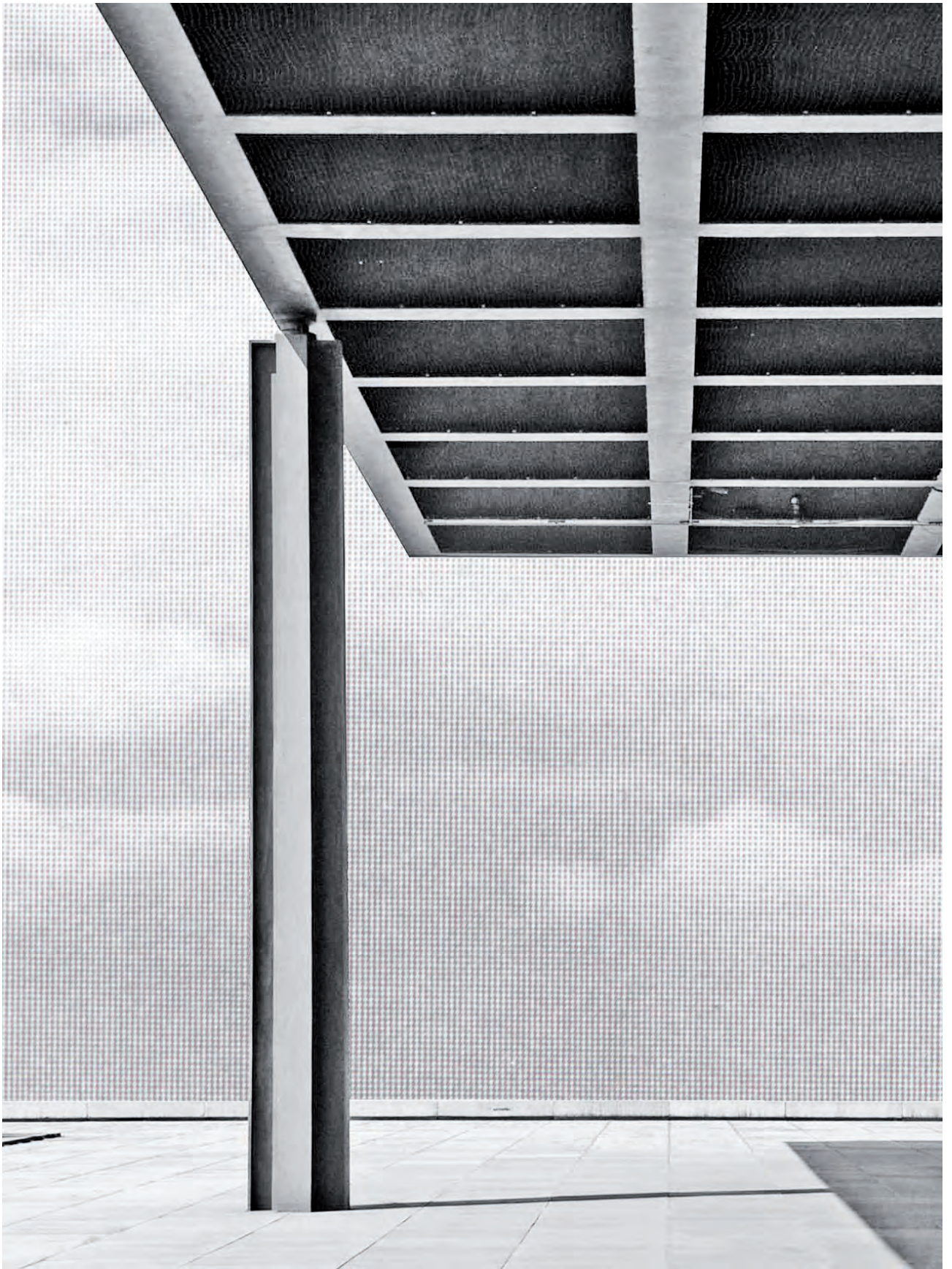


FIGURA 10  
Columna de la Galería Nacional  
de Berlín. Fotografía del autor.



**CITAS**



*I believe that in architecture, as in all art, the artist instinctively keeps the marks which reveal how a thing was done. (Louis I. Kahn)*

*Ars ubi materia vincitur ipsa sua (Artificio donde la materia se vence a sí misma. Inscripción en el templo romano de Alcántara, a los pies del puente de Alcántara)*

*Entre los seres organizados el hombre es bello por excelencia, puesto que su estructura está íntimamente ligada a sus necesidades, a sus funciones y a su motor intelectual. Por tanto, si queremos que un monumento sea bello, es preciso que su estructura siga rigurosamente este principio. (Viollet le Duc)*

*Imponedme una estructura y encontraré con toda naturalidad las formas que deben deducirse de ella. Pero si cambiáis la estructura, yo tendré que cambiar las formas. (Viollet le Duc)*

*En primer lugar se representa el componente material, siempre que condicione la forma; pues en el fondo expresa la estructura o la forma interior, tal como sucede en los organismos ya sea en reposo, ya en movimiento. (A. von Hildebrand, El problema de la forma en la obra de arte)*

*Ut pondera libra, sic aedificia architectura (Del mismo modo que se pesa en la balanza, así se construye la arquitectura. Lema del frontispicio del tratado de puentes de Gautier)*

*Cuando sólo se construían edificios con muros de carga, yo imaginé edificios estructurados de otra manera. Tenían una estructura de metal u hormigón, al igual que el ser humano tiene un esqueleto, a la que se debía añadir el complemento lógico del esqueleto: el envoltorio. (Jean Prouvé)*

*No sé si se podría establecer un paralelismo con el cuerpo humano: aunque esta imagen sea sin duda un poco simplista, se puede señalar, sin embargo, que la estructura es comparable en todos los hombres y que eso da resultados totalmente distintos en el acabado. ¿Por qué? Se trata una vez más, simplemente, de una variación sobre un tema conocido. (Jean Prouvé)*

*Opino que el destino de la arquitectura es poner de manifiesto la lucha entre el peso y la rigidez, pero también desplegar y recrear la esencia de la luz, lo más alegre que existe. (Schopenhauer)*

*El énfasis de la expresión estructural es la idea que ofrece los aspectos más fructíferos para el futuro desarrollo del pensamiento arquitectónico moderno. (Peter Collins)*



*Por primera vez, el esqueleto de acero y hierro forjado se convirtió enteramente y sin ambigüedades en el instrumento de la expresión arquitectónica. El largo alzado oeste se desarrolla directamente a partir del sistema estructural que hay detrás, del mismo modo que los contrafuertes aislados de la catedral gótica sirven como elementos visuales primarios en su indisoluble unidad de estructura y forma. (Carl Condit en su análisis de los influyentes almacenes Sears Roebuck de Chicago)*

*La construcción está estrechamente relacionada con la función. Una idea de organización espacial claramente definida requiere una solución estructural apropiada.*

*(Rob Krier)*

*La estructura debe ser comprensible y rotunda. No hay ninguna doctrina o principio absoluto que dicte que una estructura deba reconocerse como un esqueleto funcional básico o como la manifestación de una máquina de alta tecnología. La estructura puede ser sutil y más reveladora.*

*(Cecil Balmond).*

*Un edificio es como un ser humano. El arquitecto tiene la oportunidad de crear vida. Es como el cuerpo humano, como la mano. El modo en que se unen los nudillos y las articulaciones hacen interesante y hermosa cada mano. En un edificio, estos detalles no deberían forrarse ni ocultarse. Deberíamos sacarles el máximo partido. El espacio es arquitectónico cuando las pruebas de cómo está hecho pueden verse y entenderse.*

*(Louis Kahn)*

*“La superación del fundamento, del vínculo con la tierra, va mucho más allá y exige la superación de la gravedad en sí, los cuerpos suspendidos, la arquitectura físicamente dinámica.*

*(El Lissitzky)*

*A la ley de la concinnitas compete el más y el menos, la lógica, la trabazón conceptual que asume la Física en el cuerpo arquitectónico. Frente a la idea historicista de composición la gravedad se convierte en la fuerza de cohesión de los elementos de la Arquitectura, haciendo de ésta un hecho unitario. Dicha unificación o fábrica será un artificio formal, un sistema geométrico, que interpreta la constancia de la fuerza de la gravedad. De modo que conceptos como el momento de inercia y el eje central del sistema, serán de máxima importancia para la arquitectura. El momento de inercia multiplica el momento resistente, reemplazando a la masa en el trabajo de los elementos portantes.*

*(Francisco Alonso, De Architectura Corporis Fabrica)*

*En las obras de arquitectura se ha de visualizar el orgullo, la victoria sobre la gravedad, la voluntad de poder; la arquitectura es una especie de oratoria del poder expresado con formas.*

*(Nietzsche)*

*El término Estructura se emplea frecuentemente para designar el orden interno, y con frecuencia escondido o no evidente, de las cosas.*

*(Ricardo Aroca)*



*Puesto que para la elección de los detalles hay siempre muchas posibilidades igualmente satisfactorias desde el punto de vista estático, volvemos a mi vieja afirmación de que el diseño estructural tiene mucho más de arte que de ciencia.*

*(Félix Candela, 1959)*

*“Llamamos estructura a la sustancia de la organización del ser, del objeto, a la entidad interna, no bordada, sino hilvanada, del objeto arquitectónico (desde la silla a la ciudad)*

*(Antonio Miranda)*

*La construcción más estable es la que no existe o la que ya se ha derrumbado. Siempre decía a los estudiantes que un edificio hundido es el más estable; el que está en pie tiene un grado de inestabilidad. La cuestión es saber qué magnitud deben tener las acciones exteriores para conseguir que se derrumbe. En principio, todo edificio es inestable. Toda la arquitectura trata de hacer temporalmente estable lo que en principio es inestable.*

*(Frei Otto)*

*Es razonable pensar que las creaciones del hombre se hacen o bien mirando por su cuerpo, y ahí radica ese principio que se llama utilidad, o bien mirando por su alma, y ahí radica eso que busca bajo el nombre de belleza. Pero como aquél que construye o crea, por otra parte, se las ha de haber con el resto del mundo y el movimiento de la naturaleza, que perpetuamente tienden a disolver, corromper o echar por tierra lo que hace, debe admitir un tercer principio que trata de comunicar a sus obras, y que expresa la resistencia que quiere que opongan a ese destino que las fuerza a perecer. Y así, busca solidez o duración.*

*(Paul Valery, Eupalinos o el Arquitecto)*

*“l’architecture c’est l’art de faire chanter le point d’appui”*

*La arquitectura es el arte de hacer cantar al punto de apoyo.*

*(Auguste Perret)*

*La estructura desnuda obliga a la verdad. El esqueleto, allí donde se encuentra aún sin revestir, muestra de manera más clara y majestuosa la audacia de las estructuras de acero y hormigón armado que no la obra terminada.*

*(Erich Mendelsohn)*

*En general, en la actualidad las impresiones arquitectónicas más fuertes se experimentan en obras a medio construir. Una obra sin puertas ni ventanas, sin revocar, con los ladrillos a la vista, con la clara aspiración de verticalidad aún sin interrumpir por la ornamentación del yeso, con las proporciones monumentales de los volúmenes aún sin detallar, provoca, por su primitivismo, un efecto de belleza, o como mínimo, de fuerza.*

*(Karl Scheffer)*

*Una obra sana necesita, al igual que el organismo humano, de un esqueleto de huesos sano, y aquello que representa el esqueleto para el cuerpo humano lo representa la parte técnica tectónica de la construcción para su apariencia global.*

*(Walter Gropius)*



Ludwig Hilberseimer describía la imprescindible “*voluntad de estructura*” en el templo griego, con las siguientes palabras: “*la perfecta obra de ingeniería realizada en piedra*”  
(Ludwig Hilberseimer)

*Cuanto mayor sea la sencillez y claridad con la que estén configurados los detalles y el todo, y cuanto mayor sea la evidencia con la que se exprese la utilidad y conveniencia, tanto mejor será también el efecto que produzca.*  
(Lindner)

*La belleza de las construcciones de hierro ha de estar basada sobre todo en los procesos estáticos internos del sistema de vigas. Configurar estéticamente este sistema de vigas, hacer que pueda ser comprensible y que pueda ser disfrutado por el intelecto, por el alma y por el ojo: en esto consiste la tarea artística*  
(Louis Kahn)

*El gran acontecimiento de la arquitectura..., cuando se fueron los muros y vinieron las columnas*  
(Louis Kahn)

*El Señor aborrece la balanza trucada, le agrada el peso justo*  
(Proverbios, 11,1)

*Most important, probably, is structure. Not only the way in which a building is put together, or the simplicity of its structural idea, but how this is expressed without striving to make the bones be the whole answer. Structure that has been hidden, twisted, or polluted as an idea, will seldom produce good architecture*  
(Pietro Belluschi)

*Structural honesty seems to me one of the bugaboos that we should free ourselves from very quickly. The Greeks with their marble columns imitating wood, and covering up the wood roofs inside. The Gothic designers with their wooden roofs above to protect their delicate vaulting. And Michelangelo, the greatest architect in history, with his Mannerist column.*  
(Philip Johnson)

*To us clarity means the definite expression of the purpose of a building and a sincere expression of its structure.*  
(Marcel Breuer)

*The principle of structure has moved in a curious way over this century from being “structural honesty” to “expression of structure” and finally to “structural expressionism”. Structural integrity is a potent and lasting principle and I would never want to get far away from it. To express structure, however, is not an end in itself. It is only when structure can contribute to the total and to the other principles that it is important.*  
(Eero Saarinen)



*Only through structure can we create new architecture. In nature, form and structure are one, and this should also be true in architecture. Form is structure, no matter what other names are given to it, and therefore structure is architecture.*

*(Craig Ellwood)*

*La palabra ESTRUCTURA viene del latín STRUCTURA (construcción, fábrica) formada de structus (construido) y el sufijo -ura (actividad, resultado)*

*Structus es el participio del verbo struere (juntar, amontonar). Este verbo nos da construir, destruir, instruir, obstruir, reconstruir*

*El verbo struere viene de la raíz indoeuropea ster-, que nos dio esternón por el griego.  
(Fuente internet)*

*“Son la GRAVEDAD, que construye el Espacio, que hace relación al Espacio, y la LUZ, que construye el Tiempo, que da razón del Tiempo, cuestiones centrales de la Arquitectura. El futuro de la Arquitectura dependerá de una posible nueva comprensión de esos dos fenómenos. O mejor que nueva, de un más claro y más profundo entendimiento”.*

*(Alberto Campo Baeza)*

*Un peso no tiende necesariamente hacia lo bajo, sino que tiende hacia el lugar que le es propio. El fuego sube, la piedra cae; uno y otra son arrastrados por su peso, y buscan el lugar que les es propio. El aceite vertido sobre el agua flota sobre ella; el agua vertida en el aceite desciende por debajo de él; ambos obedecen a su peso específico hasta alcanzar el lugar que les es propio. Lo que no se halla en su lugar, se agita hasta que, después de haberlo encontrado, se queda en reposo.*

*(San Agustín, Confesiones)*

*La mayor dificultad contra la que ha tenido que luchar Palladio es la pertinente utilización de los órdenes de columnas en la construcción burguesa. Pues el acoplar muros y columnas sigue siendo una contradicción.*

*(Goethe, Viaje a Italia, Vicenza, 19-IX-1786)*

*La belleza resulta de la forma bella y de la correspondencia del todo con las partes, de las partes entre sí, y de nuevo de éstas con el todo; las estructuras deben parecer, por tanto, un cuerpo entero y completo en cuyo interior cada miembro concuerda con el otro, siendo todos ellos necesarios para el buen funcionamiento del edificio.*

*(Palladio, Los cuatro libros de la Arquitectura, libro I, capítulo 1)*

*“Se busca en todos los edificios solidez, utilidad y belleza. La primera depende de la firmeza de los cimientos, asentados sobre terreno firme, sin escatimar gastos y sin regatear avaramente los mejores materiales que se puedan elegir”.*

*(Vitruvio)*



*“El hombre escoge cuatro de las ramas más fuertes, las levanta perpendicularmente y las dispone formando un cuadrado. Encima pone otras cuatro atravesadas y sobre éstas levanta, partiendo de dos lados, un grupo de ramas que, inclinadas contra sí mismas se encuentran en el punto alto. Cubre esta especie de tejado con hojas, y ya está alojado”.*

*(Laugier)*

*“Los seres de todos los reinos naturales, por estar sujetos a las leyes de las fuerzas externas, la gravedad, el viento, etc., satisfacen el principio de estructura, sin el cual no sería posible su estabilidad y su resistencia. El principio de estructura es la propiedad universal que tienen los seres de estar formados por materia activa (sustentante), y materia pasiva (sustentada)”.*

*(Félix Cardellach)*

*“La labor de la estructura, en definitiva, es ir a buscar en el terreno la firmeza, obligándole a reaccionar de forma que equilibre el conjunto de pesos y empujes que obren sobre aquélla. En cuanto a la resistencia, el problema consiste en transmitir las fuerzas actuantes, hasta equilibrarlas con las reacciones de la sustentación, a través de los esfuerzos internos que se produzcan en los diferentes elementos de la estructura”.*

*(Eduardo Torroja)*

*“Llamamos estructura resistente a aquella parte del objeto que le permite tener una esperanza razonable de mantener la integridad física y la forma en condiciones normales de uso. La estructura es la parte del objeto que cumple los requisitos de resistencia, estabilidad y rigidez”.*

*(Ricardo Aroca)*

*“Una estructura puede definirse como cualquier disposición de materiales realizada para soportar cargas”.*

*(J. E. Gordon)*

*“la función de la Estructura es conservar la Forma”.*

*(Eduardo Torroja)*

*“La estructura, a lo largo de la Historia ha generado la FORMA arquitectónica. Casi siempre la forma de la arquitectura ha ido, lógicamente, ligada a la estructura portante...la ESTRUCTURA, más que sólo transmitir las cargas del edificio a la tierra, lo que verdaderamente transmite es el orden del espacio, establece el orden del espacio, construye el espacio. La estructura no sólo SOPORTA, no sólo AGUANTA, sino que RESUENA, SUENA como un instrumento musical cuando es acordado por el aire.”*

*(Alberto Campo Baeza)*

*“Aquello que representa el esqueleto para el cuerpo humano lo representa la parte técnica tectónica de la construcción para su apariencia global.”*

*(Walter Gropius)*



*“El método para levantar una obra se reduce a una sola cosa, cual es el llevar a cabo, a partir de elementos reunidos conforme a un orden y dispuestos de una forma artística, una construcción firme hecha con ellos”.*

*(Alberti)*

*Entendemos por arquitectura estereotómica aquella en que la gravedad se transmite de una manera continua, en un sistema estructural continuo donde la continuidad constructiva es completa. Es la arquitectura masiva, pétreo, pesante. La que se asienta sobre la tierra como si de ella naciera. Es la arquitectura que busca la luz, que perfora sus muros para que la luz entre en ella. Es la arquitectura del podium, del basamento. La del estilóbato. Es, para resumirlo, la arquitectura de la cueva.*

*Entendemos por arquitectura tectónica aquella en que la gravedad se transmite de una manera discontinua, en un sistema estructural con nudos donde la construcción es sincopada. Es la arquitectura ósea, leñosa, ligera. La que se posa sobre la tierra como alzándose sobre puntillas. Es la arquitectura que se defiende de la luz, que tiene que ir velando sus huecos para poder controlar la luz que la inunda. Es la arquitectura de la cáscara. La del ábaco. Es, para resumirlo, la arquitectura de la cabaña*

*(Alberto Campo Baeza y Jesús Aparicio Guisado)*

*“Si existe un universal en la arquitectura, tiene que encontrarse necesariamente en la belleza de su calavera, en ese límite en el cual, un centímetro más o una piedra menos, provocaría su derrumbe o se desharía por completo”.*

*(Alberto Morell)*

*“El conseguir evidenciar para el hombre facetas todavía desconocidas de la Belleza, a través del dominio de la Gravedad y de la Luz, será cuestión central para el futuro de la Arquitectura.”*

*(Alberto Campo Baeza)*

*“El muro produce todas las cargas superfluas. Es también el muro el que despoja a la arquitectura de toda su gracia. Cuanto menos aparezca más bella será la obra, y si no aparece en absoluto, la obra será perfecta.”*

*(Laugier)*

*“Las tres funciones principales del muro son cerrar, soportar y contener. Las tres le vienen de su más remota antigüedad.”*

*(Eduardo Torroja)*

*“El muro conforma el espacio arquitectónico, haciendo real, material, la idea arquitectónica. El muro tiene completez, y comienza y termina en las tres dimensiones; largo-ancho-alto.”*

*(Jesús Aparicio Guisado)*



*“La columna debe ser totalmente perpendicular, porque, estando destinada a soportar todo el peso, es su perfecto aplomo lo que le da su máxima fuerza.*

*La columna debe estar exenta, para expresar más naturalmente su origen y su fin.*

*La columna debe ser redonda, porque la naturaleza no hace nada cuadrado.*

*La columna debe disminuir de abajo hacia arriba para imitar a la naturaleza, que da esta disminución a todas las plantas.*

*La columna debe apoyarse directamente sobre el pavimento, del mismo modo que los pilares de la cabaña rústica se apoyan directamente sobre el terreno.”*

*(Laugier)*

*“La PARED no tiene como único principio suyo la sustentación como tal, sino que sirve esencialmente de recinto y de ensamble. Deben alzarse de modo rectilíneo, plano y perpendicular, pues muros oblicuos, que asciendan en ángulos agudos u obtusos, dan a la vista la impresión de ruina inminente y carecen de una dirección firmemente determinada de una vez por todas...La COLUMNA no tiene otra determinación que la de sustentación, y es explícitamente apartada de la pared y colocada libremente. Lo que ante todo importa con este único fin de la sustentación es el hecho de que la columna, en relación con la carga que sobre ella descansa, produzca la impresión de conformidad a fin y no sea por tanto ni demasiado fuerte ni demasiado débil, ni aparezca comprimida ni ascienda tan alto ni tan ligeramente como si sólo jugara con su carga. Pero así como la columna, se diferencia del muro y la pared, que constituyen un recinto, por otra parte también lo hace de meros postes. Pues el poste está plantado inmediatamente en tierra y termina de modo igualmente inmediato allí donde se coloca una carga sobre él. Pero comenzar y terminar son determinaciones que implica el concepto mismo de la columna sustentante y que por consiguiente deben también aparecer en ella misma como momentos suyos propios. La basa y el capitel. La basa, por una parte, quiere decir, aquí comienza la columna. Y con el capitel quiere decir, aquí termina la columna. Esta reflexión de un arranque y un remate hechos con intención constituye la razón más profunda propiamente dicha de la basa y el capitel. La columna es redonda, circular, pues debe estar ahí libremente para sí concluida. La línea más simple, firmemente concluida, intelectivamente determinada, más regular, es la circunferencia. Por eso evidencia ya la columna en su figura que no está determinada para formar, densamente alineada, una superficie plana, sino que sólo tiene el fin de sustentar en sí misma limitada. Más aún, conforme va ascendiendo, a partir de la tercera parte el fuste habitualmente disminuye en perímetro y grosos, pues las partes inferiores tienen que sustentar a la superior, y también esta relación mecánica de la columna en sí misma debe resaltar y hacerse notar.”*

*(Hegel)*

*“La columna es la forma más simple que se encuentra lisa y llanamente determinada por el fin de sustentar. El capitel resulta necesario para convencernos intuitivamente de que la columna se limita a sustentar el arquitrabe, y que no está ahí puesta como un aderezo inútil. La basa nos da la certeza de que ésta acaba ahí, sin que exista una parte de la misma que continúe o se extienda bajo tierra.”*

*(Schopenhauer)*

*“El dintel monolítico, sobre dos pilastras o sobre las jambas del muro ciclópeo, es el primer triunfo del humano constructor para salvar un vano con caracteres de permanencia en su obra. Él no sabía que aquello trabajaba a flexión, pero debió aprender pronto que si el canto era pequeño en relación con la luz, la piedra se partía por abajo; y si se impedía el movimiento horizontal, afianzando los extremos del borde inferior contra los muros, el peligro de rotura era menor.”*

*(Eduardo Torroja)*



## **BIBLIOGRAFÍA**



**ÁBALOS, Iñaki.** *Actualidad del Mies americano.*

Conversaciones con Mies van der Rohe. Moisés Puente. Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 2006.

**ACOCELLA, Alfonso.** *L'architettura del mattone faccia a vista.*

Edizioni Laterconsult, Roma, 1989.

**ADAM, Jean-Pierre.** *La Construcción Romana. Materiales y Técnicas.*

Editorial de los Oficios. 2ª Edición, León, 2002. Primera edición, París, 1989.

**ADDIS, Bill.**

*The relationship between Geometry and Statics in Structural Design.*

Geometría y Proporción en las Estructuras, ETSAM, Madrid, 2010.

*Structural Engineering. The nature of theory and design.*

Ellis Horwood Limited, West Sussex, 1990.

*3000 years of design engineering and construction.*

Phaidon Press, London, 2007.

**ALBERTI, Leon Battista.** *De Re Aedificatoria.*

Traducción de Javier Fresnillo. Editorial Akal, Madrid, 2007. Primera edición, Roma 1485.

**APARICIO GUIADO, Jesús.**

*El muro.*

Librería Técnica CP67, Universidad de Palermo, Argentina, 2000

*Enseñando a mirar.*

Diseño Editorial, Madrid, 2012.

**ARNHEIM, Rudolf.**

*Arte y percepción visual.*

Alianza Forma, Segunda Reimpresión, Madrid, 2006. Primera edición, The University of California Press, Berkeley, California, 1954

*La forma visual de la Arquitectura.*

Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 2ª edición, 2001. Título original: The Dynamics of Architectural Form. Basado en las conferencias Mary Duke Biddle pronunciadas en la escuela de Arte y Arquitectura de la Cooper Union, Nueva York, 1975.

*El poder del Centro.*

Editorial Akal, Madrid, 2001. Primera edición, The Regents of the University of California, 1988

**AROCA, Ricardo.** *¿Qué es Estructura?*

Cuadernos del Instituto Juan de Herrera, ETSAM,

Edición a cargo de Mª Concepción Pérez Gutiérrez, Madrid, 1999.

**BACHS, Isabel, QUINTANA, Marius.**

*Planos del Pabellón de Barcelona. Proyecto de mantenimiento.*

Fundación MvdR, Barcelona, 2000

**BAIXAS, Juan Ignacio.** *Forma resistente.*

Ediciones Arq, Pontificia Universidad de Chile, Santiago de Chile, 2003

**BARRUCAND, Marianne y BEDNORZ, Achim.** *Arquitectura islámica en Andalucía.*

Editorial Taschen, Colonia, 1992.

**BEEBY, Thomas H.** *Toward a technological Architecture? Case Study of The Commons Building.*

Perspecta nº 31, The Yale Architectural Journal, Cambridge, 2000.

**BENAVENT, Amadeo.** *Apuntes de Estructuras.*

ETSAG, Universidad de Granada, 2000

**BENÉVOLO, Leonardo.** *Historia de la Arquitectura Moderna.*

Editorial Gustavo Gili, 2ª edición, Barcelona, 1974

**BERGER, John.** *Modos de ver*

Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 2001

**BERMEJO POLO, Juan.** *Formulario práctico de la construcción.*

CIE Inversiones Editoriales Dossat, Madrid, 2006

**BERMÚDEZ LÓPEZ, Jesús.** *La Alhambra*, publicado en *El Islam, Arte y Arquitectura.*

pp. 278-298, editado por Markus Hattstein y Peter Delius, Editorial Könemann, Italia, 2001.

**BERNABEU LARENA, Alejandro.** *De qué hablamos cuando hablamos de estructuras. La función de la estructura en la arquitectura.* Geometría y Proporción en las Estructuras, ETSAM, Madrid,

2010.

**BLACKWOOD, Michael.** *Mies van der Rohe.*

Arquia Documental, Fundación Arquia, Barcelona, 2012

Texto de Cristina Gastón. Narración de Franz Schulze.

**BLAKE, Peter.** *The master builders. Mies van der Rohe and the mastery of structure.*

W.W.Norton & Company, Inc., Nueva York, 1996. Primera Edición 1976.

**BLASER, Werner.**

*Mies van der Rohe.*

Zanichelli, Serie di Architettura, Bolonia, 1977

*Mies van der Rohe. Furniture and interiors*

Editoriale Electa, Milán, 1980

*Mies van der Rohe. Lake Shore Drive Apartments.*

Birkhäuser, Berlín, 1999

*Mies van der Rohe. Crown Hall*

Birkhäuser, Berlín, 2001

*Mies van der Rohe. IIT Campus.*

Birkhäuser, Berlín, 2002

**BLASER, Werner.** *Mies van der Rohe. Federal Center Chicago.*  
Birkhäuser, Berlín, 2004

**BLUNDELL JONES, Peter.** *Gunnar Asplund.*  
Phaidon Press Limited, London, 2006.

**BLUNT, Anthony.** *Borromini.*  
Alianza Editorial, Tercera edición, Madrid, 2005. Traducción de Fernando Villaverde. Primera edición, Penguin Books, Middlesex, 1979.

**BORSI, Franco.** *Bernini.*  
Editorial Akal, Madrid, 1998. Traducción de Juan Calatrava Escobar. Primera edición, Ed. Fernand Hazan, 1984.

**BRANDI, Cesari.**

*Estructura y arquitectura.*  
Enaudi, Turín, 1967

*Viaje a la antigua Grecia*  
Ed. Elba, Barcelona, 2010. Primera edición, 1954

**BROWNLEE / DE LONG, David.** *Louis Kahn: en el reino de la arquitectura.*  
Ed. Gustavo Gili, Barcelona, 1998

**BURKE, Edmund.** *Indagación filosófica sobre el origen de nuestras ideas acerca de lo sublime y lo bello.* Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Murcia, 1985. Primera edición, Londres, 1757

**CALATRAVA ESCOBAR, Juan.** *La Alhambra como mito arquitectónico.*  
La Alhambra: lugar de la memoria y el diálogo, AAVV, Ed. Comares, Granada, 2008

**CALAVERA RUIZ, Jose.** *La estructura.*  
Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid, 1984

**CALAVERA RUIZ, Jose.** *Ejecución y control de estructuras de hormigón.*  
Intemac, Madrid, 2004

**CAMPO BAEZA, Alberto.**

*La idea construida.*  
Librería Técnica CP67, Universidad de Palermo, Argentina, 2000. Primera edición, Madrid, 1996

*Aprendiendo a pensar.*  
Nobuko, Argentina-España, 2008

*La estructura de la estructura.*  
Nobuko, Argentina-España, 2010.

*Principia Architectonica.*  
Mairea Libros, ETSAM, Madrid, 2012

**CAMPO BAEZA, Alberto.**

*Establecer el orden del espacio.*

Mairea Libros, ETSAM, Madrid, 2013

*El sueño de la razón.*

Mairea Libros, ETSAM, Madrid, 2014

*Poética Architectonica.*

Mairea Libros, ETSAM, Madrid, 2015

**CANDELA, Félix.** *En defensa del formalismo y otros escritos.*

Ediciones Xarait, Madrid, 1985.

**CANINA, Luigi.** *L'Architettura Egiziana.*

Instituto Juan de Herrera, ETSAM, Madrid 2000. Primera edición, Roma 1839

**CAPITEL, Antón.**

*Las columnas de Mies.*

Arquitectos de Cádiz, 2004.

*Las formas ilusorias en la arquitectura moderna.*

Tanais Ediciones, Madrid, 2005

*Lecciones de arquitectura moderna*

Ediciones Nobuko, Buenos Aires, 2008

**CARDELLACH, Félix.** *Filosofía de las estructuras.*

Editores Técnicos Asociados, Barcelona, 1970. Primera edición 1910.

**CARTER, Peter.** *Mies van der Rohe trabajando.*

Phaidon Press Limited, London, 2006. Traducción: Gemma Deza Guil. Primera edición, 1974.

**CASQUEIRO BARREIRO, Fernando.** *La lógica del gran espacio. Las salas y pabellones americanos de Ludwig Mies van der Rohe.* Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, 2001

**CASSINELLO, F.** *El arquitecto y la estructura.*

Monografías del Instituto Eduardo Torroja, Madrid, 1970.

**CASTEX, Jean.** *Renacimiento, Barroco y Clasicismo. Historia de la Arquitectura 1420-1720.*

Editorial Akal, Madrid, 1994. Traducción: Juan Calatrava.

**CERVERA, Jaime.** *Forma y esfuerzos estructurales.*

Cuadernos del Instituto Juan de Herrera, Escuela de Arquitectura de Madrid, 2002

**CHARLESON, Andrew.** *La estructura como arquitectura.*

Editorial Reverté, Barcelona, 2007.

Título original: Structure as Architecture. Elsevier LTd, Kidlington, 2005.

**CHESTERTON, G.K.** *The Everlasting Man.*

Hendrickson Publishers, New York, 2007. Primera edición, 1925.

**CHING, Francis D.K.** *Arquitectura. Forma, Espacio y Orden.*  
Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 1996

**CHING, JARZOMBEC y PRAKASH.** *Una Historia Universal de la Arquitectura. Volúmenes 1 y 2.*  
Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 2011.

**CHOISY, Auguste.**

*El arte de construir en Bizancio.*

Edición a cargo de Santiago Huerta Fernández y Francisco Javier Girón Sierra.  
Instituto Juan de Herrera, ETSAM, Madrid, 1997. Primera edición, París, 1883.

*El arte de construir en Egipto.*

Edición a cargo de Santiago Huerta Fernández y Gema López Manzanares.  
Instituto Juan de Herrera, ETSAM, Madrid, 2006. Primera edición, París, 1904.

*Historia de la Arquitectura.*

Editorial Victor Leru, Buenos Aires, 1974.

**COHEN, Jean Louis.** *Mies van der Rohe.*

Akal Arquitectura, Madrid, 1998. Traducción. Juan Calatrava Escobar.

**COLL BARREU, Juan.** *El Crown Hall no es transparente.*

RA 12, Ediciones T6, Pamplona, 2010

**COLLINS, Peter.** *Los ideales de la arquitectura moderna: su evolución 1750-1950 (1965).*

Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 1973

**COLOMÉS, Enrique y MOURE, Gonzalo.** *Mies. Café de terciopelo y seda.*

Arquitecturas ausentes del siglo XX. Ministerio de Vivienda, Madrid, 2004.

**CORNELL, Elias.** *El cielo como una bóveda.*

En *Asplund*, de Caldenby, Claes y Hultin, Olor. Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 1997.  
Versión castellana de Juan José Lahuerta. Primera edición, Gingko Press, 1988

**COROMINES, Joan.** *Diccionario Etimológico de la Lengua Castellana.*

Editorial Gredos, Madrid, 2012.

**CORTÉS, Juan Antonio.** *La estabilidad formal en la arquitectura contemporánea.*

Universidad de Valladolid, 1990.

**CRIPA, Maria Antonietta.** *Gaudí. De la naturaleza a la arquitectura.*

Editorial Taschen, Köln, 2007.

**CROSS, Hardy.** *Ingenieros y torres de marfil.*

Mc Graw Hill, Nueva York, 1952.

**DAVIES, Colin.** *Casas paradigmáticas del siglo XX.*

Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 2007.

**DE ANDA ALANÍS, Enrique X.** *Félix Candela. El dominio de los límites.*

Editorial Taschen, Köln, 2008

- DE ASÍS CABRERO, Francisco.** *4 libros de Arquitectura. Volumen 1. Estructuras vernáculas.* Fundación COAM, Madrid, 1992.
- DE FEO, Vittorio.** *La arquitectura en la URSS 1917-1936.* Alianza Forma, Madrid, 1979
- DE ROSSI, Giovanni Giacomo.** *Insignium Romae Templorum.* Instituto Juan de Herrera, ETSAM, Madrid 2004. Primera edición, Roma 1684
- DESIDERI, NERVI, POSITANO.** *Pier Luigi Nervi. Estudio Paperback* Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 1982
- DÍEZ JORGE, M<sup>a</sup> Elena.** *La Alhambra y el Generalife.* Guía histórico-artística. Universidad de Granada, 2006.
- DOIMO, Martino.** *Arte muraria spazio tettonica. Mies, Bacardi Building Cuba.* Edizioni Canova, Treviso, 2009
- DREXLER, Arthur.** *Ludwig Mies van der Rohe.* George Braziller, Inc, Nueva York, 1960
- ESCRIG, Félix.** *La cúpula y la torre.* Fundación Centro de Fomento de Actividades Arquitectónicas, Sevilla, 1994
- ESPOSITO, Antonio y LEONI, Giovanni.** *Eduardo Souto de Moura. Works and Projects* Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 2004.
- EVANS, Robin.** *Las simetrías paradójicas de Mies van der Rohe.* Traducciones, Editorial Pretextos, Girona, 2005.
- FANELLI, Giovani y CARGIANI, Roberto.** *Auguste Perret, Grandi Opere.* Editori Laterza, Roma, 2002.
- FERNÁNDEZ CASADO, Carlos.** *La arquitectura del ingeniero.* Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2005.
- FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ, Aurora.** *La tectónica de Mies van der Rohe y su relación con el movimiento romántico alemán.* Tesis doctoral. Director: Alberto Campo Baeza. Universidad Politécnica de Madrid, 2005
- FLORES PAZOS, Carlos.** *Vanguardia soviética.* Lunwerg editores, Madrid, 1996
- FLORES SOTO, Jose Antonio.** *Fragmentos de Roma.* Editorial Nobuko, Madrid, 2014.
- FONTEIN, Lucie.** *Reading structure through the frame.* Perspecta nº 31, The Yale Architectural Journal, Cambridge, 2000
- FORD, Edward R.** *On toward technological Architecture.* Perspecta nº 31, The Yale Architectural Journal, Cambridge, 2000.

**FRAMPTON, Kenneth.**

*Historia crítica de la Arquitectura Moderna.*

Ediciones Gustavo Gili, Barcelona, 1980

*Estudios sobre cultura tectónica.*

Ediciones Akal, Madrid, 1999. Primera edición 1995.

**GALILEI, Galileo.** *En torno a la resistencia de los sólidos a la fractura.*

*Diálogos acerca de dos nuevas ciencias.* Editorial Losada, Buenos Aires, 2003. Traducción: José San Román Villasante. Primera Edición, 1638.

**GALLEGO Y BURÍN, Antonio.**

*La Alhambra.*

Editorial Comares, Granada, 1996. Primera edición, 1963

*Granada. Guía artística e histórica de la ciudad.*

Editorial Don Quijote, Granada, 1982. Edición actualizada por Francisco Javier Gallego Roca. Primera edición, 1961

**GARCÍA GÓMEZ, Emilio.** *Ibn Zamrak, el poeta de la Alhambra.*

Patronato de la Alhambra, Granada, 1975

**GASTÓN GUIRAO, Cristina.** *Mies: el proyecto como revelación del lugar.*

Fundación Caja de Arquitectos, Barcelona, 2005.

**GIEDION, Sigfried.**

*Espacio, Tiempo y Arquitectura.*

Editorial Científico Médica, Tercera Edición, Barcelona, 1961. Primera edición, Cambridge, 1940.

*El presente eterno. Los comienzos de la arquitectura.*

Alianza Forma, Madrid, 2004. Primera edición, 1957

**GOMBRICH, E.H.,** *Arte e ilusión. Estudio sobre la psicología de la representación pictórica.*

Editorial Debate, Madrid, 1999. Traducción de Gabriel Ferrater. 1ª edición, Washington D.C. 1959.

**GÓMEZ GARCÍA, Alejandro,** *El proyecto cubista: De Le Corbusier a Stirling. Estudio del proceso de creación de la Arquitectura.* Tesis Doctoral, UPM, Madrid, 2002

**GORDON, J. E.** *Estructuras o por qué las cosas no se caen.*

Calamar Ediciones, Madrid, 2004. Título original. Structures or Why things don't fall down. Primera Edición, Penguin Books Ltd, United Kingdom, 1978.

**GRABAR, Oleg.** *La Alhambra.*

Alianza Editorial, Madrid, 2006. Primera edición, 1978.

**GROSS, Pierre.** *L'Architettura Romana. Dagli Inizi del III Secolo A.C. alla fine dell'Alto Impero. I Monumenti Pubblici.* Longanesi & C., Milano, 2001

**HEGEL.** *Lecciones sobre la Estética. Tercera Parte, Primera Sección, La Arquitectura.* Ediciones Akal, Madrid, 2007. Primera edición 1818.

**HEIDEGGER, Martin.** *Die Kunst und der Raum. El Arte y el Espacio.* Editorial Herder, Barcelona, 2009. Traducción de Jesús Adrián Escudero. Primera Edición, St. Gallen, 1969.

**HELLMANN, Marie Christine.** *L'architecture grecque.* Picard, Paris, 2002.

**HERNÁNDEZ CORREA, Jose Ramón.** *Wright, Van Doesburg, Mies. De la descomposición del espacio a la composición del vacío.* Tesis doctoral. Director: Juan Daniel Fullaondo. Universidad Politécnica de Madrid, 1992

**HEYMAN, Jaques.**

*Teoría, historia y restauración de Estructuras de Fábrica.* Instituto Juan de Herrera, ETSAM Madrid, Segunda Edición, 1995.

*Análisis de estructuras. Un estudio histórico.* Instituto Juan de Herrera, ETSAM, Madrid, 2004. Primera edición, Cambridge, 1998.

*El esqueleto de piedra. Mecánica de la arquitectura de fábrica.* Instituto Juan de Herrera, ETSAM Madrid, 1999. Traducción de Gema López Manzanares.

*La ciencia de las estructuras.* Instituto Juan de Herrera, ETSAM Madrid, 2001. Traducción de Gema López Manzanares

*The architect and the engineer.* Geometría y Proporción en las Estructuras, ETSAM, Madrid, 2010. Primera edición, Cambridge, 2008

*Teoría básica de Estructuras.* Instituto Juan de Herrera, ETSAM, Madrid, 2011

**HEYNEN, Julian.** *Haus Lange und Haus Esters.* Krefelder Kunstmuseen, Bonn, 2001.

**HUERTA, Santiago.** *Arcos, bóvedas y cúpulas. Geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica.* Instituto Juan de Herrera, ETSAM Madrid, 2004.

**HUYGHE, René.**

*El Arte, su naturaleza y su historia.* Artículo incluido en *El Arte y el Hombre*, Ediciones Planeta, Novena Edición, Madrid, 1977. Primera edición, París, 1957

*El Arte y el Hombre. Volúmenes 1, 2 y 3* Editorial Planeta, Madrid, 1977. Primera edición, 1957

**ÍÑIGUEZ, Manuel.** *La columna y el muro.* Fundación Caja de Arquitectos, Barcelona, 2001.

**JARÁIZ, Jose.** *El parque. Espacios, límites y jerarquías en la obra de SANAA*  
Editorial Nobuko, Madrid, 2013

**JENCKS, Charles y BAIRD, George.** *Meaning in Architecture.*  
The Cresset Press, Londres, 1969.

**JÉREZ MIR, Carlos.** *Guía de Arquitectura de Granada.*  
Junta de Andalucía. Granada, 1982

**JIMÉNEZ GÓMEZ, Eva.** *El pilar en Mies van der Rohe, El léxico de l'acer.*  
Tesis doctoral. Director Javier Ferrándiz Gabriel. UPC, ETSAB, Barcelona, mayo 2012

**JOEDICKE, Jürgen.**

*Weissenhof Siedlung Stuttgart.*  
Karl Krämer Verlag, Stuttgart, 1989

*Bau und Wohnung.*  
Karl Krämer Verlag, Stuttgart, 1992. Primera edición, 1927.

**JOHNSON, Philip.**

*Mies van der Rohe.*  
The Museum of Modern Art, New York, 1978. Primera edición, 1947

*Escritos.*  
Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 1981

**JONES, Owen.** *El patio Alhambra en el Crystal Palace*  
Introducción de Juan Calatrava Escobar, Abada Editores, Madrid, 2010. Primera edición, 1854

**JORDY, William H.**

*The laconic splendor of the metal frame. American Buildings and Their Architects.*  
Nueva York, 1972.

**KANDINSKY, Vasili.** *De lo Espiritual en el Arte.*  
Editorial Paidós, Barcelona, 1996. Primera edición, Munich, 1912

**KANT, Immanuel.**

*Observaciones acerca del sentimiento de lo bello y de lo sublime.*  
Alianza Editorial, Madrid, 2008. Primera edición, 1764

*Crítica del juicio.*  
Espasa Calpe, Madrid, 2007. Primera edición, 1790

**KIRSCH, Karin.** *Weissenhofsiedlung. Kleiner Führer*  
Deutsche Verlags-Anstalt, Munich, 2006

**KLEE, Paul.** *Teoría del Arte Moderno.*  
Editorial Cactus, Buenos Aires, 2007. Compilación de artículos publicados entre 1912 y 1928.

**KOSTOF, Spiro.** *Historia de la Arquitectura. Volúmenes 1, 2 y 3.*  
Alianza Editorial, Cuarta Reimpresión, Madrid, 2007.  
Primera edición, Oxford University Press, 1985.

**KROHN, Carsten.** *Mies van der Rohe. The built work*  
Birkhäuser, Berlín, 2014

**LAJO, Rosina y SURROCA, José.** *Léxico de arte.*  
Ediciones Akal, Madrid, 2001

**LAMBERT, Phyllis.** *Mies in America*  
Whitney Museum of American Art, 2001

**LANCASTER, Lynne C.** *Concrete Vaulted Construction in Imperial Rome. Innovations in context.*  
Cambridge University Press, New York, 2005.

**LAUGIER, Marc-Antoine.** *Ensayo sobre la Arquitectura.*  
Editorial Akal, Madrid, 1999. Primera edición, París 1753

**LAVALOU, Armelle.** *Conversaciones con Jean Prouvé.*  
Editorial Gustavo Gili. Barcelona, 2005.  
Título original: Jean Prouvé par lui-même, Editions du Linteau, 2001.

**LEAO REGO, Renato.** *Mies van der Rohe y la arquitectura moderna brasileña.*  
Tesis doctoral. Director, Javier Seguí de la Riva. Universidad Politécnica de Madrid, 1994

**LINAZASORO, Jose Ignacio.** *El muro y la arquitectura.*  
En Literatura y muro, n.10, San Sebastián, 1990.

**LIÑARES MÉNDEZ, Patricia.** *Rehabilitación sostenible de viviendas históricas en Santiago de Compostela.* Tesis Doctoral, UPM, Madrid, 2012

**LLOBET I RIBEIRO, Xavier.** *Hilberseimer y Mies. La metrópoli como ciudad jardín.*  
Fundación Caja de Arquitectos, Barcelona, 2007

**LOOS, Adolf.** *Ornamento y delito.*  
Ed. Taschen, Köln, 2003. Primera edición, 1908

**MALEVICH, Kazimir.** *La Luz y el Color.*  
Editorial Lampreave, Madrid, 2011. Primera edición 1925.

**MANTEROLA ARMISÉN, Javier.**

*Relación entre la Estructura resistente y la Forma.*  
Discurso de ingreso en la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando,  
Editorial Biblioteca Nueva, Madrid, 2006.

*La arquitectura y la técnica.*  
Geometría y Proporción en las Estructuras, ETSAM, Madrid, 2010.

**MARCO POLO.** *Libro de las Maravillas.*  
Alianza editorial, Madrid, 2002. Primera edición, 1298

**MARTÍ ARÍS, Carlos.**

*Mies van der Rohe. La claridad como objetivo.*  
Silencios elocuentes, Ediciones UPC, Barcelona, 1999

*La cimbra y el arco*  
Fundación Caja de Arquitectos, Barcelona, 2005

**MARTÍN MARTÍN, Eduardo.** *Granada. Guía de Arquitectura.*  
COAG, Granada, 1998

**MARTÍNEZ ARROYO, Carmen**

*La densidad del límite. Le Corbusier y Mies van der Rohe. Del equipamiento al sistema de objetos.*  
Tesis doctoral. Director, Manuel de las Casas. Universidad Politécnica de Madrid, 2004

**MARTÍNEZ CALZÓN, Julio.** *Puentes, Estructuras, Actitudes.*  
Ediciones Turner, Madrid, 2006

**MARTÍNEZ MARTÍNEZ, Raúl.** *Espacio y empatía en I Tatti. El utillaje conceptual de la crítica de la arquitectura después de la Segunda Guerra Mundial.* Tesis Doctoral, UPC, Barcelona, 2014

**MARÇAIS, George.** *Remarques sur l'esthétique musulmane.*  
Argel, 1957

**MAS GUINDAL, Antonio.** *Mecánica de las estructuras antiguas.*  
Editorial Munilla Lería, Madrid, 2011

**MASELLO, David.** *Architecture without rules. The houses of Marcel Breuer and Herbert Beckhard.*  
Norton, New York, 1996

**MENDELSON, Erich.** *América, el álbum fotográfico de un arquitecto.*  
Nachdruck da Capo Press, Berlín, 1926.

**MERTINS, Detlef.** *Mies*  
Phaidon Press, Londres, 2014

**MICHELL, George.** *La Arquitectura del Mundo Islámico.*  
Alianza Editorial, Madrid, 1985. Primera edición, Londres, 1978.

**MIES VAN DER ROHE, Ludwig.** *Escritos, diálogos y discursos. 1922-1969*  
Colección de Arquitectura, CO de Arquitectos Técnicos, Murcia, 1981. Traducciones: Luis Bravo, Beatriz Goller, Josep Quetglas y Miguel Usandizaga

**MILLÁN MILLÁN, Pablo.** *Habitar el acantilado.*  
Tesis Doctoral, Universidad de Sevilla, 2014

**MOLEÓN, Pedro.** *John Soane y la arquitectura de la razón poética.*  
Editorial Mairera Libros, ETSAM Madrid, 2001

**MONDRIAN, Piet.** *La nueva imagen en la pintura.*  
Colección de Arquitectura, Librería Yerba, Murcia, 1993. Primera edición 1918.

**MONTANER, Josep Maria.** *Después del Movimiento Moderno. Arquitectura de la segunda mitad del siglo XX.* Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 1993

**MORELL SIXTO, Alberto.**

*La calavera.*

Texto recopilado en *La línea del cielo. Memoria del curso 2007-2008.*

Unidad Docente Alberto Campo Baeza. Mairera Libros, ETSAM, Madrid, 2008

*Espacios sin caja.*

Texto recopilado en *Aprendiendo a pensar.* Librería Técnica CP67, U. Palermo, Argentina, 2008

*Despacio.*

Editorial Nobuko, Madrid-Buenos Aires, 2011.

**MOYA BLANCO, Luis.** *Relación de diversas hipótesis sobre las proporciones del Partenón.*

Boletín de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, nº52, Madrid, 1981.

**MÜLLER, Werner y VOGEL, Gunther.** *Atlas de Arquitectura. Volúmenes 1 y 2.*

Alianza Editorial, Madrid, 2007. Primera edición, 1985

**NEUMEYER, Fritz.** *Mies van der Rohe. La palabra sin artificio. Reflexiones sobre arquitectura*

1922-68. El Croquis Editorial. Madrid, 1995. Primera edición, 1986. Traducción: Jordi Siguán.

**NIETO ALCAIDE, Víctor.**

*La Luz, símbolo y sistema visual. El espacio y la luz en el arte gótico y del Renacimiento.*

Cuadernos de Arte Cátedra, Séptima edición, Madrid, 2006. Primera edición 1978.

**NIETZSCHE, Friedrich.** *Así habló Zaratustra.*

Alianza Editorial, Madrid, 1972. Primera edición, 1883.

**NORBERG-SCHULZ, Christian.**

*Intenciones en arquitectura*

Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 1979. Primera edición, 1963.

*Arquitectura Occidental.*

Editorial Gustavo Gili, 4ª edición, Barcelona, 2001. Primera edición 1973

*Los principios de la Arquitectura Moderna.*

Estudios Universitarios de Arquitectura. Editorial Reverté, Barcelona, 2005.

**NUERE MATAUCO, Enrique.** *Nuevo Tratado de la carpintería de lo blanco*

Editorial Munilla-Lería, Madrid, 2001.

**OTTO, Frei.** *Conversación con Juan María Songel.*

Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 2008.

**PALLÉS PEDREIRA, Cristina.**

*La idea de proyecto en la arquitectura de Mies van der Rohe. El límite del tipo.*

Tesis doctoral. Director, Yago Bonet. Universidad Politécnica de Madrid, 2005

**PANOFSKY Erwin.** *La arquitectura gótica y la escolástica.*  
Editorial Siruela, Madrid, 2007. Primera edición, 1951

**PARICIO, Ignacio.**

*La construcción de la Arquitectura. Volumen 2. Los elementos.*  
ITEC, Barcelona, 1994.

*La construcción de la Arquitectura. Volumen 3. La composición, La estructura.* ITEC, Barcelona, 1994.

**PAVÓN MALDONADO, Basilio.** *El Cuarto Real de Santo Domingo de Granada.*  
Ayuntamiento de Granada, 1991.

**PÉREZ GUTIÉRREZ, M<sup>a</sup> Concepción.** *Evolución del tipo estructural Torre en España.*  
Tesis doctoral, ETSAM, 2009  
Director: Ricardo Aroca

**PETERS, Neils.** *Jean Prouvé 1901-1984. La dinámica de la creación.*  
Editorial Taschen, Colonia, 2006. Traducción: Amparo Conde Pérez.

**PICARD.** *Le Panthéon. Symbole des révolutions.*  
Centre Canadien d'Architecture à Montréal, Picard Éditeur, Montreal, 1989.

**PONENTE, Nello.** *Estructuras del Mundo Moderno.*  
Ediciones Skira, Barcelona, 1965.

**PUENTE, Moisés.** *Conversaciones con Mies van der Rohe.*  
Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 2006.

**QUETGLAS, José.** *El horror cristalizado*  
Actar, Barcelona, 2001

**REAL ACADEMIA ESPAÑOLA.** *Diccionario.*  
Ediciones Santillana, Madrid, 2005

**RILEY, Terence.** *Mies in Berlin.*  
The Museum of Modern Art, New York, 2002

**RONDELET, J.** *L'Art de Bâtir.*  
10<sup>a</sup> Edición, París, 1843. Edición facsímil del Instituto Juan de Herrera, ETSAM, 2001.

**ROSENTHAL, Earl E.** *El palacio de Carlos V en Granada.*  
Alianza Editorial, Madrid, 1988.

**ROSENTHAL, Werner H.,** *La estructura.*  
Editorial Blume, Barcelona, 1975. Primera edición, Londres, 1972.

**ROWE, Colin.** *Manierismo y Arquitectura Moderna y otros ensayos.*  
Ed. Gustavo Gili, 3<sup>a</sup> ed., Barcelona, 1999. Primera ed. 1976. Traducción de Francesc Parcerisas.

**RUI-WAMBA MARTIJA, Javier.** *Aforismos estructurales.*  
Discurso de ingreso a la Academia de Ingeniería de España, Madrid, 1998

**RUÍZ DE LA PUERTA, Félix y SÁNCHEZ GONZÁLEZ, Juana.** *La espiral en la arquitectura.*  
Mairea Libros, Madrid, 2008

**RUIZ DE LA PUERTA, Félix.**

*Arquitecturas de la memoria.*  
Ediciones Akal, Madrid, 2009

*Principios de Arquitectura. El bosque, el desierto, la cueva*  
Ediciones Asimétricas, Madrid, 2014

**RYKWERT, Joseph.** *Los primeros modernos. Los arquitectos del siglo XVIII.*  
Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 1982. Primera Edición, The MIT Press, 1980

**SÁEZ PÉREZ, M<sup>a</sup> Paz.**

*Estudio de Elementos Arquitectónicos y Composición de Materiales del Patio de los Leones.*  
Tesis Doctoral, Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Universidad de Granada, 2004

**SAN AGUSTÍN.**

*El maestro o Sobre el Lenguaje.*  
Editorial Trotta, Madrid, 2003. Traductor: Atilano Domínguez. Siglo IV d.C.

*Confesiones.*  
Editorial Juventud, Barcelona, 4<sup>o</sup> edición, 2007. Primera edición siglo IV d.C.

**SCHEERBART, Paul.** *La arquitectura de cristal.*  
Colección de Arquitectura, COAAT Murcia, 1998

**SCHEFFLER, Karl.** *Moderne Baukunst.*  
Bard. Berlin, 1907

**SCHOPENHAUER, Arthur.**

*Lecciones sobre metafísica de lo bello: Sobre la Arquitectura y el arte de canalizar las aguas.*  
Colección Estética y Crítica, Universidad de Valencia, 2004. Primera edición, 1820. Traductor:  
Manuel Pérez Cornejo

**SCHULZE, Franz.**

*Mies van der Rohe. A critical biography*  
The University of Chicago Press, 1985

*The Mies van der Rohe Archive. Volúmenes 1-20*  
Museum of Modern Art, Nueva York, 1992

**SEDLMAYR, Hans.** *La revolución del arte moderno.*  
Ediciones RIALP, Madrid, 1965. Primera edición, Hamburgo, 1955

**SEMPER, Gottfried.** *Style in the Technical and Tectonic Arts.*  
Getty Research Institute. Los Angeles, 2004. Primera edición, Alemania, 1860.

**SERRAINO, Pierluigi.** *Eero Saarinen. Un expresionista estructural.*  
Ed. Taschen, Köln, 2006

**SIMONNET, Cyrille.** *Hormigón, Historia de un material.*  
Editorial Nerea, San Sebastián, 2009. Traducción: Cristina García y M<sup>a</sup>Josefa Marcos.

**SOBRINO, Miguel.** *Catedrales.*  
La esfera de los libros, Madrid, 2009

**SOLÁ MORALES, I. CIRICI, C. RAMOS, F.** *Mies van der Rohe. Barcelona Pavilion.*  
Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 2002.

**SPAETH, David.** *Mies van der Rohe*  
Rizzoli International Publications, Nueva York, 1985

**SUMMERSON, John.** *El lenguaje clásico de la arquitectura. De L.B. Alberti a Le Corbusier.*  
Editorial Gustavo Gili, 2<sup>a</sup> edición, 10<sup>a</sup> tirada, Barcelona, 2006. Primera Edición, Londres, 1963.

**TAYLOR, Rabun.** *Los constructores romanos. Un estudio sobre el proceso arquitectónico.*  
Ediciones Akal, Madrid, 2006.

**TEGETHOFF, Wolf.** *Mies van der Rohe. The Villas and Country Houses.*  
MIT Press, Cambridge, Londres, 1985

**TOMAN, Rolf.**

*El Románico. Arquitectura, Escultura y Pintura.*  
Editorial Könemann, Barcelona, 2004. Traducción de Max Stempel.

*El Gótico. Arquitectura, Escultura, Pintura.*  
Editorial Könemann, Barcelona, 2004. Traducción de José García Pelegrin.

*El Barroco. Arquitectura, Escultura, Pintura.*  
Editorial Könemann, Barcelona, 2004.

**TORRES BALBÁS, Leopoldo,**  
*Crónicas de la España musulmana, vol.4; crónica XXVIII, Aleros nazaríes.*  
Obra dispersa I, Al Andalus, Instituto de España, Madrid, 1982.

**TORROJA, Eduardo.**

*Las estructuras de Eduardo Torroja*  
CEDEX, CEHOPU, Madrid, 1999.

*Razón y Ser de los Tipos Estructurales.*  
Edición revisada por Jose A. Torroja. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, 2007. Primera edición, 1957.

**VALERA, Manuel.** *Hooke. La ambición de una ciencia sin límites.*  
Ediciones Nivola, Madrid, 2004

**VALERY, Paul.** *Eupalinos o el arquitecto.*  
La balsa de la medusa. Editorial Machado Libros. Madrid, 2000. Primera edición, 1924

**VALLHONRAT, Carles.** *The invisibility of tectonics.*  
Perspecta nº 31, The Yale Architectural Journal, Cambridge, 2000.

**VANDENBERG, Maritz.** *Farnsworth House. Architecture in detail.*  
Phaidon, Nueva York, 2003

**VAN DOESBURG, Theo.** *Principios del Nuevo Arte Plástico y otros escritos.*  
Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Murcia, 1985. Primera edición, 1917.

**VÁZQUEZ RAMOS, Fernando**  
*La actitud creativa en Mies. Tesis sobre las interpretaciones del pasado en la modernidad.*  
Tesis doctoral. Director: Antonio Fernández Alba. Universidad Politécnica de Madrid, 1993

**VENTURI, Robert.** *Complejidad y Contradicción en la Arquitectura.*  
Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 1972. Primera edición, The Museum of Modern Art, 1966.

**VICENS Y HUALDE, Ignacio.** *Dicho y Hecho.*  
Editorial Nobuko, Buenos Aires, 2012.

**VIGNOZZI, Alessandro.** *Buildings. How homes, monuments, cathedrals and skyscrapers are built*  
Barnes & Noble, Nueva York, 1997

## **VIOLLET LE DUC.**

*Conversaciones sobre la Arquitectura. Volumen I.*  
Consejo General de la Arquitectura Técnica de España, Madrid, 2007. Traducción de Maurici Pla.  
Primera Edición, París, 1863.

*Conversaciones sobre la Arquitectura. Volumen II.*  
Consejo General de la Arquitectura Técnica de España, Madrid, 2007. Traducción de Maurici Pla.  
Primera Edición, París, 1872.

*La construcción medieval.*  
Instituto Juan de Herrera, ETSAM, 1996. Traducción de Enrique Rabasa Díaz. Primera edición,  
París, 1859.

**VÍRSEDA AIZPÚN, Alejandro.** *Le Corbusier y el proyecto de Sainte Marie de la Tourette. De la celda al espacio inefable.* Tesis Doctoral, UPM, Madrid, 2014

**VITASKOVA, Jitka.** *Tugendhat Villa.*  
Foundation Fund of Tugendhat Villa, Brno, 2009

**VITRUVIO.** *Los diez libros de Arquitectura.*  
Editorial Iberia, 10ª edición, Barcelona, 2007.  
Traducción de Agustín Blánquez. Primera edición siglo I a.C.

**VON SIMSON, Otto.**

*La catedral gótica. Los orígenes de la arquitectura gótica y el concepto medieval de orden.*  
Alianza Forma. Alianza Editorial, Madrid Décima reimpresión, 2007. Traducción de Fernando Villa-  
verde. Primera edición, Nueva York, 1956.

**VVAA. Esfuerzos, Tensiones y Deformaciones.**

García Maroto Editores, Madrid, 2012.

**VVAA. Estructuras. Prontuario Acero-Hormigón-Madera. Volúmenes 1 y 2**

Bellisco Ediciones, Madrid, 2005

**VVAA. Norma Básica de la Edificación. Estructuras de acero en la edificación.**

Ministerio de Fomento, Madrid, 1998

**VVAA. Norma Tecnológica de la Edificación. Estructuras.**

Ministerio de Fomento, Madrid, 1998

**VVAA. Números gordos en el proyecto de estructuras.**

Cinter divulgación técnica, 8ª edición, Madrid, 2006.

**VVAA. Propiedades de las rocas de construcción y ornamentación.**

Universidad de Granada. <http://www.ugr.es/~agcasco/personal/restauracion/teoria/TEMA05.html>

**WALLENSTEIN, Seven-Olov. The silences of Mies**

Axl Books, Estocolmo, 2008

**WARD-PERKINS, John B. Architettura Romana. Storia Universale dell'Architettura.**

Editorial Electa, Milán, 2006. Primera Edición, Milán, 1974.

**WEISSE, Rolf D. Mies van der Rohe. Vision und Realität.**

*Von der Concert Hall zur Neuen Nationalgalerie.*

Strauss Verlag, Potsdam, 2001

**WILSON JONES, Mark. Principles of Roman Architecture.**

Yale University Press, New Haven, 2000.

**WISNIK, Guilherme. Vilanova Artigas y la dialéctica de los esfuerzos.**

Revista 2G, número 54, pp. 11-26, 2010.

**WITTKOWER, Rudolf. Los fundamentos de la arquitectura en la edad del humanismo.**

Alianza Forma, Madrid, 1995. Primera edición, Londres, 1949

**WÖLFFLIN, Heinrich.**

*Conceptos fundamentales de la Historia del Arte.*

Espasa Calpe, Madrid, 2007. Primera edición, Munich 1915.

*Renacimiento y Barroco.*

Ed. Paidós, Barcelona, 1986. Traducción de Alberto Corazón. Primera edición, Basilea, 1968

**WORRINGER. Abstracción y Naturaleza.**

Fondo de Cultura Económica, Madrid, 1997. Primera edición, 1908

**ZEVI, Bruno.**

*El lenguaje moderno de la arquitectura.*  
Ediciones Apóstrofe, Barcelona, 1978.

*Erich Mendelsohn. Serie di Architettura.*  
Ed. Zanichelli, Bologna, 1982.

*Saber ver la arquitectura.*  
Ediciones Apóstrofe, Barcelona, 1998.

**ZIMMERMAN, Claire.** *Mies van der Rohe. La estructura del espacio*  
Editorial Taschen, Köln, 2006

**ZWEIG, Stefan.** *El misterio de la creación artística.*  
Ediciones Sequitur, Madrid, 2010. Primera edición 1940.

REVISTAS

DOCUMENTOS DE ACTIVIDAD CONTEMPORÁNEA,  
AC 17, Publicación del GATEPAC, Barcelona, 1935

MIES VAN DER ROHE'S NEW BUILDINGS.  
Architectural Forum 97. 1952.

MIES VAN DER ROHE. IN PERSPECTIVE  
A+U, nº 124, Architecture and Urbanism, Japón, 1981

MIES VAN DER ROHE.  
A&V, nº 6, Arquitectura Viva, Madrid, 1986

RECONSTRUCCIÓN DEL PABELLÓN ALEMÁN DE BARCELONA.  
Revista Arquitectura 261, COAM, Madrid, 1986

MIES VAN DER ROHE, CASAS.  
Revista 2G, número 48/49, Gustavo Gili, 2009

VILANOVA ARTIGAS  
Revista 2G, número 54, Gustavo Gili, 2010

## INTERNET

### BAUHAUS

[www.bauhaus-online.de](http://www.bauhaus-online.de)

### DOCOMOMO

[www.docomomo-us.org](http://www.docomomo-us.org)

### FARNSWORTH

[www.farnsworthhouse.org](http://www.farnsworthhouse.org)

### FUNDACIÓN MIES VAN DER ROHE

[www.miesbcn.com](http://www.miesbcn.com)

GALEAZZI, Italo. Consulado de los Estados Unidos en Sao Paulo.

(<http://wwwq.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/05.056/511>)

### HISTORY OF INDIANAPOLIS

<http://historicindianapolis.com/indianapolis-almost-then-and-now-cantor-drive-in-restaurant/>

### ILLINOIS INSTITUTE OF TECHNOLOGY

<http://www.iit.edu/arch/about/history/mies.shtml>

### MIES SOCIETY

[www.miessociety.org](http://www.miessociety.org)

### MUSEUM OF MODERN ART. NUEVA YORK

[http://www.moma.org/collection/artist.php?artist\\_id=7166](http://www.moma.org/collection/artist.php?artist_id=7166)

### NCMODERNIST

<http://www.ncmodernist.org/vanderrohe.htm>

### PATRONATO DE LA ALHAMBRA

[www.alhambra-patronato.es](http://www.alhambra-patronato.es)

### TUGENDHAT

[www.tugendhat.eu](http://www.tugendhat.eu)

### WIKIPEDIA

[www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)



*“Habéis dispuesto todas las cosas según la MEDIDA, el NÚMERO y el PESO”*  
(San Agustín, Confesiones, finales del siglo IV a.C.)



*Esta Tesis se terminó de imprimir  
en Copias Centro, Madrid, el 30 de junio de 2015*

